Recueil d'Œuvres

de

Léo Errera

Physiologie Générale

Philosophie

PRESENTED
TO
THE UNIVERSITY OF TORONTO
BY
Mrs Ewura
Brussels

RECUEIL D'ŒUVRES

DE

LÉO ERRERA

Août 1903

RECUEIL D'ŒUVRES

DE

LÉO ERRERA

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

PHILOSOPHIE

AVEC 41 FIGURES DANS LE TEXTE

BRUXELLES
H. LAMERTIN, Libraire-Éditeur
58, Rue Coudenberg, 58

BERLIN
R. Friedländer & Sohn

LONDRES
Williams & Norgate

PARIS
A. Hermann

MILAN
Ulrico Hoepli

1910

10704
30/12/10

Q
113
E77
1908
v. 4

AVANT-PROPOS

Ce nouveau volume du *Recueil d'Œuvres de Léo Errera* comprend deux parties distinctes, l'une purement physiologique, l'autre à tendance philosophique; division assez arbitraire, nous l'accordons volontiers, à cause de l'esprit même de l'auteur, qui considérait la philosophie avec des yeux de naturaliste et les sciences naturelles avec des yeux de philosophe.

Dans la première, nous avons voulu réunir des travaux disséminés et lier en un faisceau des idées éparses. Nous l'osions, car les productions d'un même cerveau ne sont pas disparates; il règne entre elles une sorte d'« esprit de famille »; malgré la variété des sujets traités, l'unité de méthode, l'unité de facture, l'unité de pensée partout apparaissent. Les gros livres ne sont pas les seules œuvres de longue haleine : d'ordinaire, les idées nouvelles voient le jour dans les monographies, dans les communications scientifiques; leurs auteurs laissent à d'autres le soin de réunir ces travaux et de mettre ainsi en lumière le fil qui les a guidés.

A neuf années d'intervalle, Léo Errera a fait à la Société d'Anthropologie de Bruxelles deux commu-

nications sur le mécanisme du sommeil : la première est intitulée : *Pourquoi dormons-nous?* et date du 26 juillet 1886; la seconde est un aperçu critique *Sur le mécanisme du sommeil*, publié le 25 mars 1895.

A partir de cette dernière date jusqu'en 1905, Léo Errera n'a pas cessé de se préoccuper de cette intéressante question; il a recueilli des notes bibliographiques et les a brièvement commentées, dans le but évident d'y revenir quelque jour. Plusieurs de ces notes ont été publiées, en même temps que les deux études auxquelles elles se rapportent, dans le *Recueil de l'Institut botanique*.

Nous rééditons ici les deux communications sans y joindre ces notes additionnelles. Voici les raisons qui nous ont guidés pour agir ainsi : en premier lieu la reproduction de ces notes aurait fait double emploi; en second lieu la pensée de Léo Errera se dégage si clairement du texte primitif des communications telles qu'elles ont été faites à la Société d'Anthropologie qu'il nous a paru préférable de ne rien y ajouter.

Depuis l'époque (1886) où pour la première fois Léo Errera a posé la question de savoir si « une théorie toxique, analogue à celle de la respiration et de la fatigue musculaire, ne s'appliquerait pas au sommeil », de nombreux travaux ont été publiés qui ont apporté à l'appui de cette opinion des arguments nouveaux; l'hypothèse développée par Léo Errera, il y a vingt-quatre ans, est aujourd'hui généralement acceptée.

Nous réimprimons ensuite, dans l'ordre chronologique auquel nous essayons toujours de rester fidèles, une communication et deux travaux botaniques qui décrivent des expériences et répartissent des faits dans les théories générales, versant ainsi dans le grand fleuve les torrents latéraux qui l'alimentent.

Enfin, nous résumons deux conférences de Léo Errera que nous pouvions presque ranger avec les travaux de philosophie, à cause de leur portée éthique et sociale. L'auteur donna plusieurs fois la conférence sur l'*Individu;* l'abondance et l'intérêt du sujet lui avaient même suggéré l'idée de la scinder en deux parties : il voulait exposer lui-même les prémisses biologiques, et son frère, M. Paul Errera, devait se charger des corollaires sociologiques. Malheureusement, ce joli projet, déjà mûri par les deux savants, ne put jamais être exécuté. Pour rédiger la seconde partie de la conférence primitive d'Errera, son frère était donc tout désigné, comme l'était son « disciple », M. Jean Massart, pour la partie physiologique. Ils ont utilisé les notes très complètes de Léo Errera et ont pu respecter sa pensée et jusqu'à ses expressions. De la même façon, l'abondance des documents a permis à M. Massart d'esquisser la conférence sur l'*Affirmation de la vie.*

Pour toutes ses causeries, Errera inscrivait d'abondantes notes sur des fiches de carton; il soulignait aux crayons rouge et bleu les mots angulaires. Mais il rédigeait complètement l'introduction ainsi que les

dernières lignes et modifiait ces rédactions selon le public auquel s'adressait la même conférence. Nous avons donc retrouvé pour chacune de celles que nous publions plusieurs variantes du début et de la finale; forcés de choisir, nous nous sommes laissé guider tantôt par des raisons de convenance, tantôt par la valeur littéraire de ces différentes versions, tantôt par le degré d'achèvement des notes que nous avons retrouvées.

La partie philosophique du présent volume contient un grand nombre de travaux sur les sujets les plus variés.

Nous donnons d'abord trois réimpressions. Ensuite, on remarquera qu'avec la critique serrée qu'en a faite Errera, nous avons publié la conférence de M. Pictet, résumée par celui-ci, sur *Le libre arbitre en face de la physique contemporaine*. On nous saura gré, nous osons le croire, de reproduire côte à côte les deux argumentations.

Léo Errera avait projeté d'écrire un ouvrage de Philosophie botanique. Car il était de ceux qui voient les lois générales à travers les faits particuliers. Il avait déjà publié, après les avoir développés oralement, deux chapitres de ce livre, sous le titre d'*Essais de philosophie botanique :* le premier sur *l'Optimum*, le second : *A propos de génération spontanée*. Nous les donnons à la fin du présent volume, ainsi qu'un travail additionnel à l'un d'eux. Nous publions aussi le résumé, dû à la plume de M. De Meyer et approuvé

par Errera lui-même, de sa conférence : *Les plantes ont-elles une âme ?* Ce résumé a paru dans la *Revue de l'Université de Bruxelles* en 1901.

L'insuffisance de notes récentes nous a empêchés de clore ce volume par deux conférences sur *L'Origine de la mort* et *Vie et mort,* ainsi que nous l'avions projeté. Il vaut mieux laisser ces œuvres dans l'ombre que de trahir la pensée de leur auteur en la complétant par des interpolations hasardées.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

AVANT-PROPOS v

I. PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

I. POURQUOI DORMONS-NOUS? 1

Discussion 33

II. SUR LE MÉCANISME DU SOMMEIL (Aperçu critique). 43

Discussion 65

III. LA FEUILLE COMME PLAQUE PHOTOGRAPHIQUE 73

IV. HÉRÉDITÉ D'UN CARACTÈRE ACQUIS CHEZ UN CHAMPIGNON PLURICELLULAIRE (d'après les expériences de M. le docteur Hunger faites à l'Institut botanique de Bruxelles). 79

V. CONFLITS DE PRÉSÉANCE ET EXCITATIONS INHIBITOIRES CHEZ LES VÉGÉTAUX . . 101

ŒUVRES POSTHUMES

VI. L'INDIVIDU. 129

VII. L'AFFIRMATION DE LA VIE. 167

II. PHILOSOPHIE

Pages

I. POURQUOI LES ÉLÉMENTS DE LA MATIÈRE VIVANTE ONT-ILS DES POIDS ATOMIQUES PEU ÉLEVÉS? 183

A PROPOS DES ÉLÉMENTS DE LA MATIÈRE VIVANTE. . 199

II. SUR UNE CONDITION FONDAMENTALE D'ÉQUILIBRE DES CELLULES VIVANTES 201

III. SUR LA LOI DE LA CONSERVATION DE LA VIE 207

IV. LE LIBRE ARBITRE EN FACE DE LA PHYSIQUE CONTEMPORAINE, par M. RAOUL PICTET 223

V. DEUX MOTS SUR LE LIBRE ARBITRE EN FACE DE LA PHYSIQUE CONTEMPORAINE (A propos de la Conférence de M. RAOUL PICTET) 233

VI. LA DÉFAITE DU MATÉRIALISME SCIENTIFIQUE. 241

VII. EXISTE-T-IL UNE FORCE VITALE?

INTRODUCTION 249

I. IDÉES DES HOMMES PRIMITIFS SUR LA VIE . . . 250

II. IDÉES DES PENSEURS DE L'ANTIQUITÉ SUR LA VIE. 252

Ouvrages à consulter 254

III. LES ARABES ET LA SCOLASTIQUE 256

IV. LA RENAISSANCE 257

V. DE 1650 A 1750 259

Ouvrages à consulter 260

Pages

VI. La matière des êtres vivants et son origine. 261

Ouvrages à consulter 265

VII. Énergie des êtres vivants et son origine . . 266

Ouvrages à consulter 270

VIII. Les principaux arguments invoqués a l'appui de la force vitale 271

Ouvrages à consulter 276

IX. Aperçu des idées sur la force vitale a partir du milieu du XVIIIe siècle. 277

X. Synthèse et conclusion 280

Ouvrages à consulter 281

VIII. A PROPOS DE L'ÉGLISE ET DE LA SCIENCE (Réponse a un vitaliste). 283

IX. LES PLANTES ONT-ELLES UNE AME? . . (Résumé par M. De Meyer). 315

X. SUR LA LIMITE DE PETITESSE DES ORGANISMES 325

XI. ESSAIS DE PHILOSOPHIE BOTANIQUE . . 335

I. L'OPTIMUM. 338

NOTE ADDITIONNELLE A L'OPTIMUM :

TOUS LES ÊTRES VIVANTS ONT-ILS BESOIN D'OXYGÈNE LIBRE? 369

II. A PROPOS DE GÉNÉRATION SPONTANÉE. . . 375

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

POURQUOI DORMONS-NOUS ? (1)

Pourquoi dormons-nous? Qu'est-ce que le sommeil? Quelle en est la cause et quel en est le mécanisme? Autant de questions embarrassantes, sur lesquelles on ne trouverait peut-être pas deux physiologistes du même avis. Les mieux informés, comme EXNER (2) et BEAUNIS (3), proclamaient naguère encore que nous ne connaissons rien des causes du sommeil.

Depuis lors, plusieurs faits nouveaux ont été découverts. Je ne sais si je me trompe, mais j'imagine qu'en les réunissant, en les discutant, en les rapprochant d'autres données plus anciennes, on en déduit sans effort, sans parti pris et presque nécessairement, une explication de la fatigue et du sommeil qui me semble rendre compte des principaux phénomènes, mieux que toutes les théories antérieures. C'est ce que je voudrais essayer de montrer.

Lorsque notre Président m'a fait l'honneur de me demander une causerie pour l'une de nos séances et que j'ai songé à traiter devant vous ce problème du sommeil, j'ai eu peur d'abord que le sujet ne sortît par trop du cercle habituel de vos travaux. Mais une société d'anthropologie ne doit-elle pas s'occuper de l'Homme

(1) Cette communication a été faite à la Société d'anthropologie de Bruxelles, le 26 juillet 1886. Elle a paru dans le *Bulletin* de cette Société, tome V, 1886-1887, ainsi que dans la *Revue scientifique*, 23 juillet 1887. Elle est reproduite dans le *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome IV.

(2) HERMANN, *Handbuch der Physiologie*, II, 2, 1879, page 298.

(3) *Nouveaux éléments de physiologie humaine*, 2e édition, 1881, II, page 1365.

tout entier, à tel point que le mot de Térence : *Humani nihil a me alienum puto* semble fait exprès pour lui servir de devise? Je ne voudrais pour rien au monde dire du mal de l'homme criminel, cet enfant chéri des anthropologistes, mais l'homme endormi mérite bien aussi de nous intéresser un peu. Il y a même cette différence que nous ne sommes peut-être pas tous destinés à devenir des assassins ou des voleurs, tandis que tous nous consacrons au sommeil un tiers environ de notre existence. D'ailleurs, si cet entretien vous ennuie et vous assoupit, gardez-vous de vous en cacher : ce sera, au contraire, la meilleure preuve que la Société d'anthropologie et le sommeil ne sont pas étrangers l'un à l'autre !...

La plupart d'entre vous, Messieurs, sont médecins, et je ne suis, moi, qu'un simple botaniste; vous êtes donc beaucoup plus compétents que moi dans une question de physiologie animale et, en vous exposant mes idées, je désire surtout provoquer vos judicieuses critiques : ce n'est pas une conférence que je vous apporte, ce sont des conseils que je viens vous demander.

I

La suspension périodique de l'activité des centres nerveux supérieurs est le caractère dominant du sommeil. On a souvent cherché à l'expliquer par l'état de la circulation cérébrale. Mais, par une singulière contradiction, quelques auteurs font intervenir une congestion du cerveau qui comprimerait les centres nerveux et interromprait ainsi leur fonctionnement, tandis que d'autres admettent une diminution de

l'afflux sanguin, une anémie cérébrale, pendant le sommeil. Il faut dire que les recherches récentes semblent décidément favorables à cette dernière hypothèse, à l'appui de laquelle on peut citer encore la somnolence qui suit les grandes pertes de sang des blessés ou des opérés, et l'espèce de sommeil que FLEMING (1) a pu produire par la compression des carotides. Les variations de la circulation cérébrale présentent donc un certain rapport avec les alternatives de sommeil et de veille, mais comme ces variations demanderaient elles-mêmes à être expliquées, on voit qu'elles ne suffisent point à nous fournir une théorie du sommeil.

Aussitôt que l'on eut reconnu l'importance capitale de l'oxygène pour entretenir l'activité des tissus, il était assez naturel de lui faire jouer un rôle dans l'explication du sommeil. On voulut rattacher le sommeil à une moindre absorption d'oxygène, à une anoxie du cerveau, si le néologisme est permis. C'est une idée que l'on peut faire remonter jusqu'à ALEXANDRE DE HUMBOLDT, à la fin du siècle dernier, et qui a été, depuis, soutenue avec certaines variantes par PURKINJE, PFLÜGER et d'autres. Le sang étant le véhicule de l'oxygène vers le cerveau, cette théorie rend compte du même coup de la somnolence qu'amène l'anémie cérébrale. Mais, encore une fois, on n'aperçoit point la cause de la périodicité du sommeil normal. Pourquoi la quantité d'oxygène reçue par le cerveau diminuerait-elle à certains moments, pour augmenter de nouveau quelques heures plus tard?

Le sommeil n'est pas le seul phénomène qui revienne d'une manière régulière et en quelque sorte

(1) *Revue médicale française et étrangère*, 1855.

rythmique dans la vie de l'organisme. Tout le monde sait que les mouvements de la respiration, les contractions du cœur, sont aussi dans ce cas. Leur étude ne pourrait-elle pas jeter quelque lumière sur le problème qui nous occupe?

On admet, en général, grâce surtout aux travaux de Rosenthal, que le rythme respiratoire est essentiellement (1) réglé par la richesse du sang artériel en oxygène et en anhydride carbonique. Lorsque le sang est chargé d'oxygène, le centre nerveux qui préside à la respiration suspend un instant son activité; mais, peu à peu, les tissus enlèvent l'oxygène au sang, le remplacent par de l'anhydride carbonique, et le sang ainsi modifié excite le centre respiratoire. Un mouvement de respiration se produit donc; la provision d'oxygène est renouvelée, l'anhydride carbonique s'élimine, les choses se trouvent remises dans l'état initial, et le jeu recommence. C'est le dérangement même dans la composition du sang qui excite les mouvements nécessaires pour ramener l'équilibre primitif.

L'épuisement d'un muscle par le travail et le rétablissement de son excitabilité par le repos sont des phénomènes encore mieux comparables à la sensation de fatigue et aux effets réparateurs du sommeil. Or, les recherches de J. Ranke, qui datent d'il y a plus de vingt ans, portent à admettre que l'épuisement du muscle résulte de l'accumulation de substances produites par sa contraction, en particulier de l'acide lactique (2). Si on injecte ces substances « fatigantes »,

(1) Nous disons « essentiellement », parce qu'il est probable qu'un autre facteur intervienne encore. Nous en reparlerons plus loin.

(2) L'action fatigante attribuée souvent à la créatine est due, paraît-il, à des impuretés (phosphates acides) qui l'accompagnaient dans les premières expériences. (Hermann, *Handbuch der Physiologie*, I, 1, 1879, page 123.)

comme les appelle RANKE, dans un muscle frais, il devient incapable de fonctionner, il est épuisé; si on les enlève par un lavage artificiel ou si on laisse à la circulation sanguine le temps de les entraîner et de les remplacer par d'autres matériaux, la fatigue disparaît, le muscle acquiert de nouveau sa contractilité, il se réveille. RANKE supposait que les substances fatigantes agissent en accaparant l'oxygène au détriment du muscle (1). En tout cas, ce serait ici encore le dérangement dans l'état chimique de l'organe — son empoisonnement passager — qui l'oblige au repos, jusqu'à ce qu'il soit débarrassé des produits de son activité et remis en quelque sorte à neuf.

On devait se demander si une théorie toxique, analogue à celles de la respiration et de la fatigue musculaire, ne s'appliquerait pas au sommeil. HEYNSIUS (2) et DURHAM (3) étaient déjà entrés dans cette voie; puis OBERSTEINER (4) et BINZ (5) se prononcèrent dans le même sens. Ces derniers pensent que des produits d'épuisement — « Ermüdungsstoffe » — se forment sans cesse dans le cerveau par l'effet de l'activité, que leur accumulation amène le sommeil et qu'ils sont alors enlevés au cerveau par le sang qui le traverse. Mais quels sont ces produits? D'après ce qu'on savait de la réaction de la substance grise et des nerfs tétanisés, OBERSTEINER était d'avis qu'il s'agit essentiellement d'un acide; et telle était

(1) *Tetanus*, 1865, page 455 (cité dans HERMANN, *Handbuch der Physiologie*, I, 1, 1879, page 123).

(2) *Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde*, 1859 (cité par BINZ).

(3) *The physiology of sleep* (*Guy's Hospital Reports*, VI, 1860; cité par BINZ).

(4) *Zur Theorie des Schlafes* (*Zeitschrift für Psychiatrie*, XXIX, 1872; cité par EXNER).

(5) *Grundzüge der Arzneimittellehre*, 1874, page 3, et *Zur Wirkungsweise schlafmachender Stoffe* (*Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie*, VI, 1877, page 315).

aussi l'opinion de HEYNSIUS, de DURHAM et de BINZ.

PREYER (1) a étendu cette idée et il l'a ingénieusement combinée avec la théorie du sommeil par défaut d'oxygène. Il arrive ainsi à une conception tout à fait parallèle à celle que RANKE avait formulée pour les muscles. Suivant PREYER, le fonctionnement de tous les organes donne naissance à des produits d'épuisement, à des substances qu'il nomme ponogènes (c'est-à-dire engendrées par la fatigue, de πόνος, fatigue), qui s'accumulent pendant la veille et, étant très oxydables, finissent par détourner à leur profit l'oxygène destiné à entretenir l'activité des diverses glandes, des muscles, du cerveau, de telle façon que les actes psychiques et les mouvements volontaires s'assoupissent : l'organisme s'endort. Une fois les ponogènes détruits peu à peu par oxydation, de légères excitations suffisent pour que les cellules ganglionnaires reprennent leur activité vis-à-vis de l'oxygène, et l'on s'éveille.

Parmi les substances ponogènes, c'est à l'acide lactique que PREYER fait jouer le rôle principal, et il a essayé de démontrer expérimentalement que ce corps, introduit dans l'organisme, amène le sommeil (2). Ces expériences ont été répétées de différents côtés. Malheureusement, comme PREYER l'a reconnu lui-même, les résultats ne sont constants ni chez l'homme, ni chez les animaux. Aussi la théorie n'a-t-elle pas été généralement adoptée par les physiologistes.

(1) *Les causes du sommeil*, discours prononcé à Hambourg en 1876 (*Revue scientifique*, 9 juin 1877).

(2) *Centralblatt für die medizinischen Wissenschaften*, 1875.

II

A l'époque où OBERSTEINER, BINZ et PREYER exposaient leurs idées, on ne connaissait aucun produit de l'organisme animal, comparable aux alcaloïdes somnifères de certaines plantes. Des recherches récentes ont montré que de pareils produits existent : la question du sommeil se présente dès lors sous un jour tout nouveau.

Étendant à l'animal vivant et sain les recherches que SELMI avait faites sur le cadavre, ARMAND GAUTIER (1) a réussi à extraire de la chair des mammifères (bœuf) une série de cinq bases organiques, plus ou moins voisines de la créatine, de la créatinine et de la xanthine. Il les désigne sous le nom de leucomaïnes (λεύκωμα, blanc d'œuf), pour rappeler qu'elles dérivent des albuminoïdes et pour les distinguer des bases cadavériques ou ptomaïnes. Déjà G. POUCHET et BOUCHARD avaient trouvé des alcaloïdes dans l'urine humaine. GAUTIER lui-même en avait indiqué dans la salive humaine normale et il conclut que « les animaux produisent normalement des alcaloïdes à la façon des végétaux (2) ».

(1) *Les alcaloïdes dérivés des matières protéiques* (*Journal de l'Anatomie et de la Physiologie* de ROBIN, 1881) et *Sur les alcaloïdes dérivés de la destruction bactérienne ou physiologique des tissus animaux : Ptomaïnes et leucomaïnes*. Paris, 1886. (Extrait du *Bulletin de l'Académie de médecine de Paris*, 12 et 19 janvier 1886.)

(2) *Ptomaïnes et leucomaïnes*, page 41. — SCHIFF avait émis il y a longtemps cette hypothèse que « l'organisme des mammifères produit continuellement une substance narcotique ou vénéneuse très énergique, qui se détruit dans le foie, auquel elle est conduite par la circulation veineuse, au fur et à mesure qu'elle se produit. Après la ligature de la veine porte, cette substance s'accumule dans le corps et tue rapidement l'animal ». (*Neue schweizerische Zeitschrift für Heilkunde*, 1861 ; cité par V. JACQUES, *Localisation des alcaloïdes dans le foie*, thèse, Bruxelles, 1880, page 15.)

Et quelles sont les propriétés physiologiques de ces leucomaïnes ? L'extrait aqueux de la salive « est venimeux ou narcotique au moins pour les oiseaux » et, quant aux alcaloïdes du suc musculaire, GAUTIER (1) les dit « doués d'une action plus ou moins puissante sur les centres nerveux, produisant la somnolence, la fatigue, et quelquefois les vomissements et la purgation ». On voit qu'il s'agit bien ici de substances fatigantes et somnifères, telles, en un mot, que la théorie toxique du sommeil les exige. Chose curieuse : dans le mémoire de GAUTIER et dans la discussion subséquente à l'Académie de médecine, où l'importance des leucomaïnes pour la pathologie a été si nettement mise en relief, leur signification physiologique semble avoir été tout à fait négligée et leur relation probable avec le sommeil n'a pas, que je sache, été mentionnée. Cependant rien n'était plus naturel que de rapprocher le travail de GAUTIER de ceux que nous citions tout à l'heure : l'idée s'imposait, elle était dans l'air. Elle fut d'abord exprimée incidemment par DE PARVILLE dans une chronique scientifique du *Journal des Débats* (2). Après avoir rendu compte des résultats que GAUTIER venait d'obtenir, il lui empruntait cette phrase : « C'est après le sommeil ou le repos complet que l'animal est plus particulièrement anaérobie et consomme plus d'oxygène qu'il n'en reçoit (3) » ; et il ajoutait dans une note : « Pendant le sommeil, l'oxygène absorbé ne correspond pas à l'acide carbonique exhalé. Nous serions tenté de croire que l'excédent brûle les matières toxiques, et le sommeil aurait pour cause principale l'accumulation dans le

(1) *Loc. cit.*, pages 40 et 56
(2) 25 février 1886.
(3) *Ptomaïnes et leucomaïnes*, page 57, note.

sang des leucomaïnes ou substances analogues ». Il est à remarquer que l'accumulation d'oxygène pendant le sommeil, sur laquelle DE PARVILLE s'appuie, n'existe probablement pas. Voici, en effet, comment VOIT s'exprime à ce sujet (1) : « C'est par suite d'une erreur dans la disposition de l'expérience que PETTENKOFER et moi nous avions conclu dans le temps que l'oxygène est emmagasiné en quantité notable pendant la nuit, et utilisé ensuite dans la journée ou pendant le travail. »

Tout récemment BOUCHARD, dans ses recherches sur la toxicité des urines de l'homme sain, a comparé les urines sécrétées pendant la veille et pendant le sommeil et, en passant, il fait allusion à la théorie du sommeil. Sans préciser la nature des poisons dont il s'agit ici, il dit (2) : « Les urines de la veille et les urines du sommeil ne présentent pas seulement des différences d'intensité ; elles diffèrent aussi comme qualité. Les urines du sommeil sont toujours franchement convulsivantes, les urines de la veille sont très peu ou ne sont pas convulsivantes, mais elles sont narcotiques. C'est à tel point qu'on se demande s'il n'y aurait pas lieu de reprendre avec PREYER la théorie toxique du sommeil. Ce qui est certain, c'est que, pendant la veille, le corps fabrique une substance qui, accumulée, produirait le sommeil ; et que pendant le sommeil, il élabore, au lieu de cette substance narcotique, une substance convulsivante qui, accumulée, pourrait produire la secousse musculaire et provoquer le réveil. » Peut-être pourrait-on objecter que si le poison narcotique amène le sommeil en s'accumulant dans l'organisme, c'est dans les tissus et non dans les

(1) VOIT dans HERMANN, *Handbuch der Physiologie*, VI, 1, 1881, page 205, note.

(2) *Comptes rendus*, 29 mars 1886, page 729.

urines qu'on devrait le rencontrer pendant la veille. Toutefois, pour se prononcer sur ce point et sur plusieurs autres, il convient d'attendre la suite des travaux de BOUCHARD et notamment l'extraction et le dosage des substances toxiques. En tout cas, il paraît rationnel de fonder une théorie du sommeil sur les produits que l'on trouve dans les tissus mêmes de l'organisme, plutôt que sur ceux qu'il élimine par ses sécrétions.

Dès que, pour ma part, j'eus connaissance du remarquable travail de GAUTIER, je fus frappé de sa portée dans la question qui nous occupe. Il semble, en effet, que les alcaloïdes animaux fournissent l'explication la plus naturelle du sommeil et de la plupart des phénomènes connexes. En insistant avec quelque détail sur la théorie toxique ainsi renouvelée, je voudrais surtout engager les physiologistes à la soumettre à l'épreuve de l'expérience (1).

III

Suivant une remarque profonde sur laquelle CLAUDE BERNARD aimait à revenir, toute manifestation vitale est liée à la destruction d'une certaine quantité de matière organique. C'est là une conséquence du grand principe de la conservation de l'énergie. « Quand le mouvement se produit, qu'un muscle se contracte, quand la volonté et la sensibilité se manifestent, quand la pensée s'exerce, quand la glande sécrète, la substance du muscle, des nerfs, du cerveau, du tissu glandulaire

(1) Le docteur G. RENSON et moi, nous avions l'intention de faire ensemble des expériences dans cette direction ; malheureusement la mort est venue me ravir cet ami excellent et regretté, et le projet n'a pas eu de suite jusqu'à présent.

se désorganise, se détruit et se consume (1). » En un certain sens, la vie n'est ainsi qu'un long suicide, « un suicide partiel prolongé » pour employer une expression dont PETER se servait récemment (2).

Si c'est une vérité devenue presque banale que, pour travailler, l'être vivant doit brûler de la matière organique comme la machine à vapeur brûle du charbon, il est clair que, là comme ici, des déchets, des cendres, des ponogènes doivent incessamment se produire. Pas plus dans la machine vivante que dans l'autre, ces cendres ne peuvent s'accumuler sans inconvénient. Elles finiraient par encombrer matériellement les tissus, en prenant la place que de nouveaux éléments utilisables devraient occuper. Mais il y a plus, et les déchets cellulaires sont probablement nuisibles à un autre point de vue encore : ils n'encombrent pas seulement d'une manière passive, ils réagissent à leur tour activement sur les phénomènes vitaux.

L'organisme, en effet, emprunte ses forces à des réactions chimiques, à des décompositions, et c'est là précisément ce qui engendre les déchets. Or, nous savons par la chimie que beaucoup de réactions sont empêchées par l'accumulation des produits auxquels elles donnent naissance; BERTHELOT et PÉAN DE SAINT-GILLES (3), en étudiant l'action des acides sur les alcools, ont montré, il y a longtemps, comment l'éthérification se ralentit à mesure que l'éther composé s'accumule, et comment elle finit par s'arrêter; et les exemples de ce genre abondent. Pour citer un dédoublement très comparable à ceux qui ont lieu dans les

(1) CL. BERNARD, *Phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, 1878, I, page 41. — SPENCER, *Principles of Biology*, I, page 58 et passim.

(2) *Bulletin de l'Académie de médecine de Paris*, 1886, page 177.

(3) *Annales de chimie et de physique*, 1862.

cellules vivantes, je rappellerai un Mémoire récent de MÜLLER-THURGAU (1) : il établit que, dans l'inversion du sucre de canne par l'invertine, le sucre interverti déjà formé exerce une influence retardatrice.

On conçoit donc sans peine que la machine animale ne peut continuer à marcher si elle ne se débarrasse de ses cendres et si elle ne se procure de nouveaux combustibles : l'élimination des ponogènes et la réparation organique nous apparaissent comme les corollaires indispensables du travail. Il se pourra, surtout lorsque l'activité est intense, que ces deux fonctions s'accomplissent moins vite que les phénomènes inverses, et l'organisme, envahi au bout d'un certain temps par ses propres déchets, sera dans l'impossibilité de continuer à travailler jusqu'à ce qu'il se soit purifié par le repos. De là déjà une cause d'alternatives plus ou moins régulières, et l'on entrevoit que des phases d'activité et de repos devront se succéder tour à tour. Ce n'est d'ailleurs qu'une manifestation de ce caractère qui se retrouve dans tout mouvement : le rythme (2).

Mais si des considérations générales nous permettent de comprendre la nécessité du repos, elles sont insuffisantes pour nous expliquer le mécanisme du sommeil. Ce phénomène signifie quelque chose de plus que l'impossibilité de travailler : il est avant tout d'ordre nerveux. Tout déchet cellulaire, tout corps ponogène n'est pas forcément somnifère. Il faut pour cela :

1° Que ce corps agisse d'une manière spéciale sur les cellules nerveuses supérieures;

2° Qu'il suspende temporairement leur activité.

(1) H. MÜLLER-THURGAU, *Landwirtschaftliche Jahrbücher*, XIV, 1885, page 811.

(2) SPENCER, *First Principles*, chapitre X.

Connaissons-nous des substances possédant ces propriétés? Sans doute : l'éther, le chloroforme, l'hydrate de chloral et, d'une manière éminente, les alcaloïdes narcotiques : morphine, narcéine, etc.

Et si maintenant nous passons en revue les produits fabriqués par l'organisme, il n'en est certes point qui satisfassent mieux que les leucomaïnes aux conditions que nous venons d'indiquer théoriquement.

L'étude des leucomaïnes est à peine commencée, mais il est permis de signaler dès à présent une analogie qui semble intéressante. Suivant GAUTIER (1), la plupart des leucomaïnes, de même que les ptomaïnes, sont fort oxydables; et justement la morphine se fait remarquer aussi par sa grande oxydabilité. BETTINK et VAN DISSEL (2) assurent même que, sur quarante-deux alcaloïdes végétaux essayés par eux, seule la morphine partage avec les ptomaïnes la faculté de former du bleu de Prusse, par la réduction du perchlorure de fer et du ferricyanure, et cela malgré la présence d'un oxydant aussi énergique que l'anhydride chromique (3).

On peut se demander de quelle manière les leucomaïnes agissent sur les cellules nerveuses. Est-ce directement, ou indirectement en captant l'oxygène comme PREYER le supposait pour ses ponogènes? Il serait prématuré de vouloir trancher la question, mais, dans l'état actuel, la première hypothèse paraît de beaucoup la plus probable. Si nous prenons comme termes de comparaison les alcaloïdes végétaux, per-

(1) *Ptomaïnes et leucomaïnes*, pages 17 et 59.

(2) *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas*, III, page 158. (Analysé dans *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 1884, n° 13, page 379.)

(3) BRIEGER (*Microbes, ptomaïnes et maladies*, traduction française, 1887, page 105) a contesté que les ptomaïnes pures donnent cette réaction.

sonne ne supposera, je pense, que la morphine amène le sommeil par soustraction d'oxygène; car 1 centigramme d'un sel de morphine (quantité déjà suffisante pour endormir) ne réclame pour son oxydation complète que 2 centigrammes d'oxygène environ, soit moins du quatre-vingtième de ce que nous inspirons en une minute. Nous ne savons encore quelle dose de chaque leucomaïne est nécessaire pour provoquer la fatigue et la somnolence dont parle GAUTIER, mais la dose est certainement petite. Dès que l'on songe d'ailleurs combien les leucomaïnes sont peu abondantes dans l'organisme normal (1), il devient difficile, sinon impossible, d'attribuer le sommeil à la privation d'oxygène qui peut résulter de leur oxydation. Un autre fait parle aussi contre la théorie du sommeil par anoxie, c'est que plusieurs oxydants (halogènes, ozone, eau oxygénée...) sont narcotiques (2).

Il y a, au contraire, de bonnes raisons à invoquer en faveur d'une action directe des leucomaïnes sur le cerveau. ROSSBACH (3) a vu que plusieurs alcaloïdes végétaux (morphine, quinine, atropine, vératrine, strychnine) modifient les matières albuminoïdes, telles que le blanc d'œuf, le sérum du sang, le suc musculaire, et cela en augmentant leur coagulabilité. Le précipité albuminoïde ainsi obtenu conserve toujours une certaine quantité d'alcaloïde, même après lavage

(1) D'après une communication que M. le professeur A. GAUTIER a bien voulu me faire, « la chair musculaire contient des quantités très variables de leucomaïnes, même à l'état normal : de 1 à 1/2 millième et au-dessous ».

(2) BINZ, *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie*, VIII et XIII; BODLÄNDER, *Centralblatt für klinische Medizin*, 1884, page 249. (Analysé dans *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 1885, n° 9, pages 340-341.)

(3) *Würzburger Verhandlungen der physikalisch-medizinischen Gesellschaft*, Neue Folge, III, page 346. (Cité dans HUSEMANN-HILGER, *Pflanzenstoffe*, I, page 79; *Jahresbericht de* HOFMANN *et* SCHWALBE pour 1872, page 459.)

prolongé. Ce précipité n'exerce pas d'action coagulante sur le blanc d'œuf dissous, et ROSSBACH en conclut que l'alcaloïde doit être combiné chimiquement à la matière albuminoïde précipitée. BINZ (1) assure que les soporifiques, comme la morphine, le chloral, le chloroforme et l'éther, mis en contact avec de la substance grise fraîche, la rendent trouble. C'est l'indice d'une espèce de coagulation que n'occasionneraient pas d'autres corps non soporifiques : atropine, caféine, chloroxaléthyline, camphre, acide pyrogallique. CLAUDE BERNARD était aussi d'avis (2), au moins pour l'éther, que l'anesthésie provient d'une sorte de coagulation. Remarquons que la fatigue musculaire ne saurait pas non plus être attribuée, à l'exemple de RANKE, à un accaparement d'oxygène par les produits de la contraction, mais bien plutôt à une influence directe des acides formés, car le phosphate acide de soude, qui est inoxydable, « fatigue » le muscle absolument comme l'acide lactique (3).

Les leucomaïnes pourraient encore agir indirectement d'une autre manière : en modifiant la circulation cérébrale. C'est une hypothèse qu'on a déjà émise pour expliquer l'action des narcotiques, et de cette façon on fait la part à la théorie vaso-motrice du sommeil. Mais pareille opinion semble contredite par les observations directes de BINZ (4). Sur un chien et des lapins trépanés, il a vu que l'anémie de la surface

(1) *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie*, VI, 1877, page 313 et XIII, 1880, page 163. — Ce fait a été contesté par RANKE (HUSEMANN-HILGER, page 702), mais les observations de BINZ me paraissent faites avec les précautions voulues pour exclure toute illusion.

(2) *Phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, 1878, I, page 265.

(3) HERMANN, *Handbuch der Physiologie*, I, 1, 1879, page 123.

(4) *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie*, VI, 1877, pages 314-317.

cérébrale ne survient que tardivement, dans la narcose complète : « l'anémie est donc ici une suite de la narcose, et non le sommeil une suite de l'anémie ». L'auteur ajoute, après avoir rappelé le cas du canal digestif qui est pâle et exsangue à l'état de jeûne et hyperémié pendant la digestion : « l'anémie cérébrale dans la narcose prolongée est en harmonie avec cette règle générale, que l'afflux sanguin diminue vers les organes quand ils sont au repos ».

L'influence des ponogènes sur le cerveau doit donc se résumer probablement en ces termes : ni anoxie, ni anémie, mais intoxication directe.

Dans tout ce qui précède, je me suis borné à dire que les narcotiques agissent d'une manière spéciale sur les cellules nerveuses — ce qui est incontestable — sans examiner s'ils s'accumulent d'une façon prépondérante dans ces éléments. Je n'ignore point, en effet, que Herbert Spencer a essayé d'établir, par des arguments ingénieux (1), qu'il n'est pas nécessaire d'attribuer aux narcotiques et aux anesthésiques une affinité élective pour la substance nerveuse, qu'ils imprègnent peut-être tous les tissus indistinctement, mais que, seul, le système nerveux, par sa sensibilité et sa distribution, serait en état de traduire leur présence. Au point de vue qui nous occupe, cette question est d'une importance secondaire, puisque le résultat physiologique reste le même dans les deux cas. Il faut noter cependant que l'opinion de Spencer ne se concilie guère avec l'ensemble de nos connaissances en chimie physiologique et en microchimie, car nous voyons partout les différences de fonction s'accom-

(1) *Principles of Psychology*, volume I. Appendice.

pagner de différences dans les propriétés chimiques. Dernièrement encore, EHRLICH a montré (1) que le bleu de méthylène se porte d'une manière très inégale sur les diverses régions du système nerveux, selon qu'elles sont plus ou moins saturées d'oxygène et plus ou moins alcalines. Il est permis de croire, par analogie, que les effets si variés des alcaloïdes se rattachent à des localisations électives. D'ailleurs, chez les végétaux qui les produisent, les alcaloïdes, loin d'être répandus uniformément dans tous les tissus, sont confinés aussi à certains éléments histologiques bien déterminés (2).

IV

Une théorie du sommeil doit rendre compte de l'enchaînement normal de ces trois choses : le travail, la fatigue et le sommeil. Il est aisé de voir que la théorie toxique satisfait à cette condition.

Tout travail, qu'il soit musculaire ou cérébral, engendre des déchets. Ces déchets, en s'accumulant, rendent la continuation du travail de plus en plus pénible : c'est la fatigue. Puis, à la longue, les déchets, et parmi eux notamment les leucomaïnes, finissent par intoxiquer les centres nerveux supérieurs (comme le ferait la morphine), au point de les réduire à l'inaction : c'est le sommeil. Voilà les phénomènes réduits à leur plus simple expression. Mais une foule de

(1) *Über die Methylenblaureaction der lebenden Nervensubstanz* (*Biologisches Centralblatt*, 1er juin 1886).

(2) ERRERA, MAISTRIAU ET CLAUTRIAU, *Premières recherches sur la localisation et la signification des alcaloïdes dans les plantes*. Bruxelles, 1887 (Extrait du *Journal de médecine, de chirurgie et de pharmacologie* [et *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome II, page 147]).

circonstances accessoires viennent compliquer ce tableau ; il est utile de signaler les principales.

D'abord, l'être vivant lutte sans cesse contre cet empoisonnement qui le menace. Il cherche à se débarrasser de ses déchets : la circulation les entraîne, la respiration et les sécrétions les expulsent, le foie, semble-t-il, en arrête ou en détruit une partie (1). Et plus le travail est intense, plus toutes ces fonctions deviennent actives : le torrent sanguin se précipite, lavant et nettoyant les organes; la respiration, accélérée, élimine plus d'anhydride carbonique; souvent l'émission d'urine augmente (2); la sueur apparaît, rafraîchissant l'organisme et lui enlevant en outre une petite quantité de produits de rebut, tels que l'urée et la créatinine. Ces épurations multiples nous permettent de nous maintenir pendant un certain temps en activité, mais non pas indéfiniment. Pourquoi cela?

Si, par un travail excessif, certains de nos organes ont détruit tous leurs matériaux utilisables et sont encombrés de ponogènes, il est clair que ces organes sont, jusqu'à nouvel ordre, incapables de travailler encore. Mais nous n'arrivons point dans les conditions ordinaires à ce degré extrême d'épuisement, et il est même douteux que nous y arrivions jamais. C'est que la sensation de fatigue est déjà devenue invincible avant que la fatigue physique, réelle, ait atteint ses dernières limites.

Les ponogènes n'agissent pas seulement sur les organes où ils ont pris naissance, mais encore sur les extrémités nerveuses qui aboutissent à ces organes et sur les centres eux-mêmes. A cette triple influence des

(1) Expériences de LUSSANA, d'HEGER, de SCHIFF et de V. JACQUES.

(2) VOIT, dans HERMANN, *Handbuch der Physiologie*, VI, 1, 1881, pages 189 et 198.

ponogènes répondent trois significations différentes du mot fatigue. En effet, il y a lieu de distinguer entre la fatigue vraie des fibres musculaires du bras, par exemple, qui se mesure par la diminution de leur excitabilité; la fatigue subjective locale que nous ressentons dans ce bras, et la sensation générale de fatigue ou de lassitude qui se traduit par le désir de dormir. Après avoir soulevé longtemps un poids, on peut éprouver une fatigue intense dans le bras, mais nul besoin de sommeil; tandis que l'on peut tomber, comme on dit, de sommeil, sans ressentir aucune fatigue locale considérable. De ces deux sensations, l'une est périphérique, l'autre est centrale. C'est celle-ci qui nous intéresse le plus et c'est sa genèse qu'il nous faut étudier de plus près.

L'activité cérébrale, telle qu'elle se manifeste pendant l'état de veille, est liée à des réactions chimiques, à des décharges qui se produisent dans cette matière éminemment explosible : le protoplasme des cellules nerveuses de l'écorce grise. Or, parmi les ponogènes sans cesse engendrés dans les divers organes qui travaillent, nous savons qu'il y a des composés narcotiques, comparables aux alcaloïdes. Selon toute vraisemblance, ces corps ont précisément une affinité particulière pour la cellule nerveuse corticale; en tout cas, ils agissent sur elle, ils la modifient, ils s'y fixent plus ou moins fortement. Leur élimination par les émonctoires dont nous parlions tantôt ne sera donc jamais que partielle : en même temps qu'une portion s'en ira avec les sécrétions, qu'une autre pourra être détruite par oxydation, une troisième sera retenue dans le cerveau. On conçoit que les centres nerveux, ainsi modifiés, accomplissent de moins en moins facilement leur fonction explosive, et il faudra des

excitations de plus en plus énergiques pour maintenir l'état de veille : à partir d'un certain degré, nos mouvements deviennent lents, nos sensations s'émoussent, notre pensée s'engourdit, en un mot, nous nous sentons fatigués. Il vient enfin un moment où les excitations ordinaires ne suffisent plus à provoquer l'explosion du protoplasme cérébral, son activité est provisoirement suspendue : nous dormons.

Dans notre théorie, il est visible que les ponogènes n'agissent que sur celles des cellules nerveuses dans lesquelles ils pénètrent. Cette action localisée nous explique ce qu'on peut appeler les sommeils partiels. « Le sommeil le plus profond, dit avec raison EXNER (1), se relie par transitions insensibles à la veille parfaite. Si l'on s'observe pendant qu'on s'endort, on remarque que le cercle de notions dans lequel on se meut se rétrécit de plus en plus..... On peut dire que certains groupes d'idées veillent encore, alors que d'autres dorment déjà. »

Les cellules de l'organisme s'endorment une à une, comme elles meurent une à une, en suivant un ordre hiérarchique. Celles qui président aux fonctions les plus hautes sont aussi les plus délicates, les plus vite dérangées. Tout en admettant une grande latitude pour l'intervention des causes accessoires, on prévoit donc que les centres les plus élevés s'assoupissent en général les premiers, puis le sommeil gagne graduellement des centres inférieurs.

Ces remarques rendent compte, dans une certaine mesure, des phénomènes du somnambulisme ; car JEAN MÜLLER a déjà montré qu'il s'agit là d'un sommeil partiel (2).

(1) HERMANN, *Handbuch der Physiologie*, II, 2, 1879, page 292.
(2) EXNER, *ibidem*.

D'un autre côté, certains centres supérieurs, endormis au début, pourront se réveiller dans la suite, isolément ou par groupes. Peut-être parviendra-t-on à comprendre ainsi la variété et le décousu des rêves et ces cauchemars pénibles « dans lesquels nous nous efforçons d'exécuter un mouvement et nous nous sentons comme enchaînés (1)». Ici, les centres moteurs dormiraient, tandis que certains centres intellectuels seraient éveillés; dans le somnambulisme, au contraire, il y aurait des centres moteurs éveillés et des centres intellectuels assoupis.

A l'inverse de PREYER, nous sommes porté à envisager l'action somnifère des ponogènes comme directe, et non comme le résultat indirect d'une soustraction d'oxygène. Nous avons dit nos raisons dans le précédent paragraphe. Cependant l'oxydabilité des leucomaïnes entre, elle aussi, en ligne de compte; mais au lieu d'être la cause du sommeil, elle en explique, selon nous, la cessation.

Si l'accumulation d'une certaine dose de leucomaïnes dans les cellules ganglionnaires amène la fatigue, puis le sommeil, — le réveil normal et la défatigation (2) qui l'accompagne doivent être dus à la disparition de ces leucomaïnes. Ont-elles été simplement enlevées par la circulation ou se sont-elles détruites? Les deux facteurs peuvent intervenir; mais, comme il est probable que les leucomaïnes sont chimiquement retenues dans les centres cérébraux, à la façon des alcaloïdes dans l'expérience de ROSSBACH, le lavage sanguin seul ne les entraînerait que difficilement; et puisque, d'ailleurs, nous les savons oxydables,

(1) EXNER, *Handbuch der Physiologie*, II, 2, 1879, page 292.

(2) LITTRÉ admet le verbe défatiguer. Il semble donc permis d'employer aussi défatigation.

il est naturel de penser que l'oxygène (dont le pouvoir oxydateur s'exalte encore dans l'organisme vivant) les attaque et les brûle peu à peu. Cette oxydation s'accomplit sans doute avec lenteur. Ne se fait-elle que pendant le sommeil? Pour ma part, je ne vois aucun motif de le supposer. L'accumulation des leucomaïnes dans l'état de veille ne prouve point que leur destruction soit suspendue, elle signifie seulement que la production prédomine alors sur l'oxydation et l'élimination réunies, ce qui n'a rien que de très plausible. Ne voyons-nous pas, dans une feuille, la formation, la consommation et l'émigration d'amidon avoir lieu en même temps? Le jour, sous l'influence de la lumière, la formation l'emporte sur les deux autres phénomènes, et l'amidon s'accumule; la nuit, la consommation et l'émigration subsistent seules, et l'amidon disparaît. Sachs a montré qu'il se produit par heure de soleil environ deux fois plus d'amidon qu'il ne s'en dissout par heure de nuit. Un calcul analogue peut être appliqué aux leucomaïnes. A l'état de veille, l'activité des organes en engendre sans cesse de nouvelles quantités; durant le sommeil, la production est, sinon nulle, du moins extraordinairement réduite, car les muscles sont au repos, la fréquence du pouls devient moindre, plusieurs sécrétions diminuent, la respiration se ralentit, le cerveau chôme. Or, l'adulte normal prenant à peu près huit heures de sommeil pour seize heures de veille, on en conclurait que les ponogènes se forment ici, en moyenne, pendant la veille, une fois et demie plus vite qu'ils ne s'oxydent et s'éliminent. Inutile d'ajouter qu'on néglige ainsi une foule de facteurs et que ce chiffre ne représente qu'une grossière approximation.

Comme il n'y a aucune raison d'admettre que les produits d'oxydation des leucomaïnes aient encore,

comme elles, une affinité spéciale pour le protoplasme de la substance grise, on s'explique qu'ils soient bientôt balayés par le torrent circulatoire. La cellule nerveuse se trouve donc nettoyée; elle redevient accessible aux impressions du dehors et une légère excitation suffit à provoquer son réveil. Mais ce n'est pas tout.

Le sommeil ne consiste pas uniquement dans une élimination de matières ponogènes. Ce n'est là qu'une face des choses, et nous avons déjà dit qu'il faut envisager aussi la réparation organique : à côté du nettoyage, il y a la remise à neuf. Une fois que les leucomaïnes ont envahi et paralysé les cellules corticales, tout l'organisme est soustrait à la tyrannie du cerveau et chaque tissu peut se refaire tranquillement par une nutrition intime. Nous comprenons ainsi qu'on s'éveille le matin, non seulement débarrassé de sa fatigue, mais encore armé de forces pour une activité nouvelle, et que le sommeil, même artificiel, puisse être bienfaisant. « Qui dort dîne. »

En somme, la quantité de leucomaïnes contenue dans l'organisme est soumise sans doute à de continuelles variations : elle augmente ou s'amoindrit, suivant que les phénomènes producteurs ou les phénomènes éliminateurs de déchets sont prépondérants. On voit donc qu'un accroissement de travail pourra amener une diminution de fatigue, si ce travail exagère en même temps et dans une plus forte proportion l'oxydation et l'expulsion des déchets. Peut-être avons-nous là une des causes pour lesquelles l'exercice au grand air est si hygiénique (1).

D'autres fois, la diminution de fatigue n'est qu'apparente. A mesure qu'une grande lassitude nous

(1) D'après BOUCHARD (*Comptes rendus*, 17 mai 1886), la toxicité des urines diminue par le travail musculaire au grand air, ainsi que par l'air comprimé.

envahit, les cellules qui interviennent dans la perception consciente finissent par être épuisées à leur tour, la conscience devient de plus en plus obscure et la fatigue, en tant que sensation éprouvée par le sujet, peut diminuer ainsi par suite de l'excès même du travail. Il pourra se faire, pour un motif inverse, qu'un commencement de repos, loin de nous reposer, augmente la fatigue subjective. Mais ce genre de phénomènes reconnaît encore une autre explication dont nous allons dire quelques mots.

V

Il n'est guère permis de douter aujourd'hui que certaines décompositions chimiques des molécules du protoplasme nerveux ne soient la condition de l'activité cérébrale; et, d'après tout ce qui précède, nous sommes conduit à attribuer aussi le sommeil à une réaction chimique entre ce protoplasme et les leucomaïnes. Or, en vertu des principes de la mécanique, il est en général plus difficile d'imprimer à un corps une forme déterminée de vibrations lorsqu'il vibre déjà d'une autre manière. Sans quitter le domaine de la chimie physiologique, Nägeli (1) a montré que l'existence d'une fermentation empêche plus ou moins complètement une fermentation différente de s'établir en même temps dans le même milieu. Si nous appliquons pareille notion aux cellules ganglionnaires, une foule de faits qui nous sont familiers s'éclairent tout à coup. Dans la vie normale, nous ne ressentons aucune fatigue pendant la plus grande partie du jour, parce que le

(1) *Theorie der Gährung*, 1879.

protoplasme cérébral se défend contre les ponogènes par son activité même, et c'est seulement vers le soir, quand l'armée des ponogènes est devenue plus redoutable, que les centres nerveux commencent à faiblir. On peut, jusqu'à un certain point, lutter contre la fatigue ou se laisser aller au repos; les excitations vives ou variées retardent le sommeil, tandis que la tranquillité, la monotonie, l'inaction, l'ennui, le silence, lui sont propices. Aussitôt que les cellules nerveuses cèdent devant l'ennemi et ralentissent leur activité, les leucomaïnes s'y portent de plus en plus facilement; la fatigue, puis le sommeil surviennent. La fatigue nous apparaît ainsi comme le conflit entre l'activité du protoplasme et l'invasion de ses déchets ; et le sommeil est la victoire temporaire des déchets sur le protoplasme.

Ces remarques nous donnent la clef d'un phénomène que l'on pourrait être tenté, à première vue, d'opposer à notre théorie : quoique la formation de substances narcotiques se poursuive toute la journée, le passage de la veille au sommeil est d'ordinaire assez rapide. Notre journée de travail a peu de crépuscule.

Ceci nous mène aussi à une question délicate et encore assez peu étudiée : la profondeur du sommeil. Essayons de l'aborder. Dans notre théorie, la profondeur du sommeil devra être proportionnelle, à chaque instant, au nombre de molécules des centres corticaux qui se trouvent en combinaison avec des leucomaïnes. Au début du sommeil, tout facilite l'arrivée des leucomaïnes : elles sont relativement abondantes dans l'organisme et les cellules cérébrales, inactives, leur laissent l'entrée libre. Aussi le sommeil devient-il vite de plus en plus profond. Bientôt le maximum de sommeil se trouve atteint et tout le

stock de leucomaïnes est combiné. Mais pendant ce temps la destruction et l'élimination des leucomaïnes ont continué à se faire, d'autant plus que la substance grise paraît être un milieu favorable à l'oxydation. Une fraction des leucomaïnes sera donc sans cesse détruite dans le cerveau, et la profondeur du sommeil ne tardera pas à diminuer, — et cela avec une vitesse décroissante, puisque l'oxydation porte sur des quantités de leucomaïnes de plus en plus petites.

L'expérience concorde d'une manière très satisfaisante avec ces déductions. KOHLSCHÜTTER (1) a déterminé de demi-heure en demi-heure la profondeur du sommeil chez un même individu, d'après l'intensité du son nécessaire pour provoquer le réveil. Malgré les causes d'erreur d'un semblable procédé, les résultats suivants peuvent, d'après EXNER (2), être regardés comme établis. L'intensité du sommeil augmente promptement pendant la première heure, puis décroît, d'abord d'une façon assez rapide et ensuite de plus en plus lentement jusqu'au réveil. KOHLSCHÜTTER a donné une courbe qui indique ces variations. Chose intéressante, et que nous pouvions prévoir, la forme de cette courbe reste la même, quelle que soit la profondeur absolue du sommeil, et elle s'applique aussi bien au sommeil produit par une légère intoxication alcoolique qu'au sommeil normal.

En faisant une hypothèse convenable sur la proportion de leucomaïnes qui s'oxyde à chaque instant, notre théorie fournirait une courbe du même genre (3).

(1) *Messungen der Festigkeit des Schlafes*. Dissertation, Leipzig, 1862.

(2) *Loc. cit.*, page 296.

(3) Certaines réactions de la chimie organique présentent aussi une marche analogue, par exemple, la substitution du brome dans les acides gras, étudiée par HELL ET URECH (*Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 1880, page 531).

Une observation de BREUER (1) qu'il est aisé de répéter sur soi-même mérite enfin d'être mentionnée : nous nous endormons souvent en passant par des oscillations de conscience et d'inconscience plus ou moins marquées. Le fait semble assez explicable. Au moment précis où nous perdons la conscience de ce qui nous entoure, le moindre ralentissement dans l'afflux des leucomaïnes vers le cerveau pourra permettre au protoplasme de se débarrasser d'une quantité suffisante du narcotique pour que la conscience réapparaisse ; mais l'afflux continue, la conscience s'évanouit de nouveau, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le régime du sommeil soit définitivement établi.

Je ne veux pas abuser de votre patience et je me contenterai de vous indiquer brièvement quelques faits dont la théorie toxique pourra nous fournir encore l'interprétation.

Toute suractivité de l'organisme doit donner naissance à de la fatigue et rendre plus vif le besoin de sommeil. N'est-ce pas le cas pendant la croissance de l'enfant et la grossesse de la femme? Est-ce peut-être aussi à cette cause qu'il faut en partie rattacher la sieste, cet accompagnement obligé de la suractivité digestive chez certaines personnes (2)?

(1) Citée par EXNER, *loc. cit.*, page 294, note.

(2) Il y a sur la côte d'Afrique une maladie très grave, la maladie du sommeil. Voici les renseignements que notre collègue M. DU FIEF veut bien, à ma demande, me communiquer à ce sujet : « Je me suis informé de la maladie du sommeil auprès d'un voyageur qui a séjourné sur les bords du Setté-Cama, à Massabé, etc. (côte occidentale de l'Afrique). Ce voyageur a vu *un* cas et sait que la maladie existe. Le malade dort littéralement debout, tout en vaquant plus ou moins à ses affaires ; il est très sensible et pleure souvent ; il décline lentement jusqu'à la mort, qui arrive après quelques semaines et quelquefois plus longtemps. » — Il serait fort intéressant d'étudier cette maladie au point de vue de notre théorie.

Les émotions vives doivent produire des déchets organiques, tout comme l'exercice musculaire ou l'effort intellectuel. Une grande douleur, une grande joie peuvent épuiser l'organisme autant et plus qu'un travail pénible. *Labor* signifie à la fois labeur et chagrin. On serait presque tenté de se demander si les larmes n'entraînent pas, en faible quantité, des composés nuisibles et fatigants que la peur, la douleur, l'émotion ont engendrés dans les tissus. Il n'y a pas jusqu'à l'état hypnotique qu'on ne puisse songer à expliquer suivant le même principe, s'il est vrai, comme le veut Preyer, qu'il soit l'effet d'une espèce de peur.

Allons plus loin encore et laissons percer le bout de l'oreille du botaniste. La physiologie végétale, il est vrai, est une physiologie lente : les phénomènes vitaux des plantes sont beaucoup moins vifs que ceux des animaux, et les plantes ont généralement le temps de se débarrasser de leurs ponogènes au fur et à mesure de leur production. Cette élimination est d'autant plus facile que la cellule végétale possède dans sa vacuole centrale une sorte d'égout en miniature, où elle peut déverser ce qui la gêne, le suc cellulaire étant efficacement séparé du protoplasme actif par une couche limitante qui s'oppose à la diffusion. Mais que les plantes nous présentent, par exception, des mouvements rapides, comparables à ceux de l'autre règne, et aussitôt le phénomène fatigue apparaît avec tous ses caractères habituels : témoin la Sensitive.

Les déchets de la vie cellulaire sont, du reste, nuisibles pour la plante comme pour l'animal. Les Myxomycètes, au moment de former leurs spores, expulsent de leur protoplasme toutes les impuretés : grains calcaires, pigment, etc., qu'il renferme. Chez

beaucoup d'Algues, le protoplasme de certaines cellules quitte son enveloppe en laissant derrière lui le suc cellulaire avec les substances qui y sont dissoutes; le corps protoplasmique nage pendant quelque temps sous forme de zoospore, s'entoure d'une membrane nouvelle et germe : il a fait peau neuve, c'est un véritable rajeunissement, pour nous servir du terme favori d'ALEXANDRE BRAUN. Les spermatozoïdes végétaux abandonnent souvent, avant la fécondation, une vésicule qui renferme divers résidus solides ou liquides. Une telle élimination d'une partie de la cellule se retrouve très généralement dans les éléments sexuels, mâles et femelles, et il est difficile de n'y pas voir une sorte d'épuration : cette portion de rebut, qui représente le bouc chargé des péchés d'Israël, le protoplasme la rejette, et s'il la reprend parfois, c'est sans doute qu'elle a été lavée alors par le liquide ambiant (observations de DE BARY sur les Saprolegniées?). Je pense, pour le dire en passant, que c'est également de cette manière qu'il faut interpréter dans le règne animal les globules polaires des œufs : cela est à coup sûr plus vraisemblable que l'opinion originale, mais par trop fantaisiste de MINOT, qui voit dans ce phénomène l'expulsion du côté mâle d'une cellule supposée hermaphrodite.

En dehors de la fécondation, les plantes nous offrent encore des faits analogues. Les grandes Algues marines qu'on nomme Laminaires, intercalent tous les ans une fronde nouvelle à la base de l'ancienne, tandis que celle-ci périt et se détache. Il ne semble pas qu'on ait donné jusqu'ici une explication biologique de la chute automnale des feuilles : n'est-il pas clair cependant que la plante se débarrasse ainsi des produits inutiles, gênants ou nuisibles, qui se sont accumulés

pendant l'été? A ce point de vue, les arbres à feuilles caduques représenteraient dans nos climats une adaptation plus parfaite que les arbres à feuilles persistantes, car ceux-là renouvellent et rajeunissent chaque année les organes de l'assimilation chlorophyllienne, alors que ceux-ci sont obligés de les construire en matériaux épais et moins favorables à la pénétration de la lumière, afin de résister aux intempéries de la mauvaise saison.

Si notre théorie du sommeil est exacte, on est amené à se demander s'il n'existe pas des contrepoisons de nos ponogènes soporifiques, des ponolytes si l'on veut, qui puissent contre-balancer l'action fatigante des produits de l'activité. Une solution de morphine, c'est du sommeil en bouteille; aurons-nous un jour de la veille mise en flacon? Pourquoi pas? GRÜTZNER et GSCHEIDLEN (1) ont établi que des substances réductrices se forment dans le muscle par l'effet de la contraction; et, réciproquement, il paraît d'après KRONECKER (2) que les oxydants, tels que le permanganate de potasse en solution très faible, rendent au muscle fatigué de l'excitabilité et de la force. Nous savons de même que les leucomaïnes sont oxydables et il est vraisemblable qu'on peut les détruire au moyen d'oxydants. Le bâillement, cette inspiration profonde de l'homme fatigué, aurait-il pour but de lui fournir précisément un surcroît d'oxygène?

Mais à côté des oxydants, il se peut que l'on découvre de véritables antidotes des leucomaïnes narcotiques; par exemple, des alcaloïdes antagonistes de

(1) HOPPE-SEYLER, *Physiologische Chemie*, 1881, page 664.

(2) *Berichte der sächsischen Akademie*, 1871, page 694 (cité dans HERMANN, *Handbuch der Physiologie*, tome I, 1, 1879, page 124).

ces substances, comme l'atropine est antagoniste de la pilocarpine. Le café qui réveille le cerveau, le coca qui supprime, dit-on, pendant plusieurs jours la faim et la fatigue, sont peut-être du nombre. Hâtons-nous toutefois d'ajouter que si un produit pharmaceutique parvient à éliminer artificiellement la fatigue, cela ne veut pas dire qu'il procure du même coup la restauration organique, l'effet réparateur d'un bon sommeil (1).

Il ne faudrait pas vouloir tout expliquer par des alcaloïdes et, suivant le mot de GUÉRIN (2), « après avoir abusé des microbes, tâchons de ne pas verser dans l'ornière des ptomaïnes ». Mais il est juste de remarquer que si SELMI a vu toute l'importance des alcaloïdes animaux pour la médecine légale, si GAUTIER, BOUCHARD et d'autres ont indiqué leur intervention dans la genèse des maladies, leur rôle utile dans la physiologie normale reste tout entier à étudier, et c'est là un sujet qui nous promet encore de nombreuses découvertes. Déjà nous entrevoyons que l'ivresse du travail, l'ivresse du triomphe, l'ivresse de l'amour pourraient bien cesser d'être des métaphores et se ramener à l'action de toxiques divers sur nos centres nerveux. J'espère avoir montré combien il est probable que la fatigue est, au sens propre du mot, un empoisonnement dont le sommeil est l'antidote nor-

(1) Il est probable, d'après notre théorie, que l'ingestion de grandes quantités de viande, surtout de viande crue, provenant d'animaux fatigués, ait sur l'organisme une action fatigante et soporifique. C'est une question que je me permets de recommander aux hygiénistes. Il y a là peut-être un facteur qui contribue au sommeil des animaux de proie après leur repas et à la sieste dont il a été parlé plus haut (Voir PREYER, *Revue scientifique*, 9 juin 1877, page 1178). PLINE dit (*Historia Naturali*, XXVIII, § LXXIX) : « Somnos fieri lepore sumpto in cibis Cato arbitratur. » Mais le témoignage de PLINE et de CATON mériterait d'être rafraîchi par des expériences modernes.

(2) *Bulletin de l'Académie de médecine de Paris*, 1886, n° 7, page 242.

mal. Qui sait si beaucoup d'actes physiologiques (respiration, mouvements du cœur, miction, défécation) ne sont pas, comme le sommeil, sous la dépendance de corps spécifiques, agissant, soit sur les centres nerveux, soit sur les organes périphériques? Le rythme organique serait dû alors à ce qu'un acte physiologique donné engendre des substances qui tendent à provoquer l'acte contraire, comme la descente du pendule fournit l'énergie nécessaire pour le faire remonter. Un travail tout récent de ZUNTZ ET GEPPERT (1) ne conclut-il pas qu'en dehors de la teneur du sang en oxygène et en anhydride carbonique, il y a encore une substance particulière et inconnue, produite surtout par l'activité musculaire, qui intervient normalement pour régler les mouvements respiratoires?

VI

Nous pouvons, pour terminer, condenser en peu de lignes notre théorie du sommeil :

L'activité de tous les tissus (et en première ligne des deux plus actifs, qui sont le tissu nerveux et le tissu musculaire) engendre des corps, plus ou moins analogues aux alcaloïdes, les leucomaïnes.

Ces leucomaïnes sont fatigantes et narcotiques.

Donc, ces leucomaïnes doivent occasionner à la longue la fatigue et amener le sommeil.

Au réveil, si l'organisme est reposé, c'est que ces corps ont disparu.

Donc, ils se détruisent et s'éliminent pendant le sommeil normal, réparateur.

(1) *Biologisches Centralblatt*, 15 mars 1886.

Tout cela paraît logiquement inattaquable; mais il appartient à l'expérience directe de donner des preuves où nous n'apportons encore que des arguments. Le dosage des leucomaïnes, leur recherche dans le cerveau, l'étude plus complète de leurs propriétés physiologiques, sont les premiers problèmes qu'il y aura à résoudre.

On peut se demander si les leucomaïnes de GAUTIER se rapprochent vraiment autant des ptomaïnes et des alcaloïdes proprement dits que l'admet cet auteur. C'est là une question de degré sur laquelle on peut différer d'opinion. Ce qui paraît établi par ses recherches, c'est la formation très générale d'alcalis organiques dans les êtres vivants, ce sont les propriétés narcotiques de plusieurs d'entre ces corps. Et c'est tout ce qu'il faut pour servir de point de départ à la théorie toxique du sommeil telle que nous l'entendons.

Si maintenant nous nous posons la question qui sert de titre à cette causerie : « Pourquoi dormons-nous? » nous aurons au moins la consolation de pouvoir répondre, en paraphrasant le mot de MOLIÈRE : « Parce qu'il se forme en nous des substances dormitives. »

DISCUSSION

M. DU PRÉ. — Je désirerais savoir comment M. ERRERA explique le contact de la substance ponogène et de la cellule. Comment se produit cette influence, par quelle sorte de mécanisme se fait le transport ?

En second lieu, d'après les idées émises, en mangeant beaucoup de viande, nous absorberions une plus

grande quantité de substance ponogène; il suffirait donc d'ingérer de la viande en abondance pour dormir profondément. Or, l'expérience indique le contraire.

M. Errera. — L'agent de transport de la substance ponogène comme des autres substances est le sang; les leucomaïnes, ainsi que la morphine, sont transportées vers la cellule nerveuse par la circulation, et, si la cellule est sensible à l'action de ces alcaloïdes, l'assoupissement se produit.

Quant à la seconde objection, l'absorption de la viande ou d'autres aliments peut amener le phénomène de la sieste après le repas. Cette propension au sommeil pourrait être produite aussi bien par l'action des substances ponogènes que par la suractivité circulatoire des organes digestifs.

M. Destrée. — A première vue, je suis porté à me montrer partisan de la théorie séduisante qui vient d'être émise; mais en examinant les arguments sur lesquels elle repose, il n'en est plus tout à fait de même. Ainsi, je crois que M. Errera a trop insisté sur les rapports qui existent entre la morphine, les ptomaïnes et les leucomaïnes; les réactions opérées par Brouardel et par Boutmy indiquent des rapports étroits entre les ptomaïnes, l'apomorphine et la muscarine; or, ces alcaloïdes n'ont rien de commun avec les substances ponogènes. La morphine n'est donc pas le seul alcaloïde qui se rapproche des ptomaïnes.

M. de Vaucleroy. — Il ne faut pas perdre de vue que la morphine dans ses effets n'est pas toujours identique; au lieu d'être toujours soporifique, elle est souvent excitante. Quant à l'absorption des leuco-

maïnes qui auraient une action analogue à celle de la morphine, elle n'est pas assez rapide pour expliquer la sieste. Au contraire, la circulation rend parfaitement compte du sommeil : tous les organes qui concourent à la digestion sont congestionnés, et le cerveau est anémié. De même une forte hémorragie chez un blessé détermine une anémie cérébrale et une tendance invincible au sommeil.

Quant à la chute des feuilles, n'est-elle pas simplement un effet du froid?

M. Errera. — Je répondrai d'abord à M. Destrée que, d'après un travail de Bettink et de Van Dissel, il y aurait parallélisme entre la morphine seule et les ptomaïnes.

Quant à l'effet excitant de la morphine qu'a signalé M. de Vaucleroy, je crois que cette excitation est un début d'action, un résultat de la première modification ressentie par la cellule nerveuse; plus tard seulement se manifeste l'effet sédatif. J'arrive maintenant à l'anémie cérébrale qui suffirait pour expliquer le sommeil. Celui-ci peut se produire après un repas ou après une blessure; ces deux causes amènent-elles le même effet et la dépression cérébrale n'est-elle pour rien dans l'assoupissement qui suit un traumatisme? Du reste, c'est le sommeil normal et périodique qu'il s'agit d'expliquer, et je ne crois pas que l'objection puisse infirmer l'action somnifère des leucomaïnes.

Pour la chute des feuilles, on ne saurait l'attribuer uniquement au froid, puisqu'il y a des plantes à feuilles persistantes. Les arbres, en automne, ne laissent pas tomber leurs feuilles, ils les font tomber : c'est un phénomène actif.

M. Destrée. — Je désire demander si les leucomaïnes de la viande introduites dans l'estomac ne forment pas des sels avec les acides de cet organe, et si ces sels ne sont pas facilement décomposables. J'ajoute qu'on a expérimenté l'action des extraits de viande, de l'extrait de Liebig en particulier, et qu'on a trouvé qu'ils contiennent de véritables poisons; mais jamais on n'a constaté le sommeil chez les animaux comme conséquence de l'absorption de ces extraits.

M. Errera. — L'acidité de l'estomac ne peut être invoquée contre la théorie que je défends; au contraire, les sels des leucomaïnes et des alcaloïdes sont plus solubles que les alcaloïdes et par conséquent plus facilement absorbables. Dans les expériences faites avec l'extrait de viande, l'attention ne s'est peut-être pas portée sur les phénomènes soporifiques, et il faut de nouveau expérimenter avant de pouvoir se prononcer. De plus, j'ai parlé de viande fraîche, crue, et non pas d'extraits de viande.

M. Heger. — La théorie que vient d'exposer avec tant de clarté M. Errera, s'appuie sur des faits qui ne sont pas encore tous expérimentalement démontrés, et parmi les objections qu'elle soulève, je me permettrai de mentionner celle-ci : elle ne tient pas suffisamment compte des modifications circulatoires qui coïncident avec le passage de l'état de veille à l'état de sommeil.

Il y a sans doute des substances somnifères qui agissent directement sur le protoplasme des cellules nerveuses : l'expérience de Hermann, qui baigne d'une solution d'hydrate de chloral le cerveau dénudé d'une grenouille exsangue et détermine ainsi directement le sommeil, en est une preuve. Mais, quelle que soit

l'importance que vous attribuiez à cette action chimique locale, vous ne pouvez perdre de vue les phénomènes vasculaires qui s'accomplissent dans les diverses régions de l'encéphale et qui sont, je ne dis pas la cause, mais la condition du sommeil. Si je ne craignais d'abuser de votre bienveillante attention, je vous dirais volontiers comment je comprends la théorie vaso-motrice et sur quels faits je l'appuie.

En premier lieu vient la célèbre et ancienne expérience de Flourens : l'ablation de la partie superficielle du cerveau, chez le pigeon, produit d'emblée un état de somnolence tout à fait remarquable; les réflexes seuls persistent, la tête est inclinée, les paupières closes, la respiration lente et régulière; non seulement l'animal est endormi, mais il semble l'être définitivement, il dort d'une manière continue et les excitations extérieures ne le réveillent que temporairement. Ce premier fait présente à mes yeux une importance capitale : l'abolition de l'activité corticale produit un sommeil instantané et persistant.

Le deuxième fait auquel je rattache la théorie vasomotrice est celui-ci : pendant le sommeil naturel ou artificiel, chez l'homme, il y a toujours un certain degré d'anémie, je ne dis pas cérébrale, mais corticale; les recherches de Mosso ont établi cette donnée avec la précision que comporte la méthode graphique, mais antérieurement à Mosso, de sérieux observateurs avaient mentionné la pâleur de la surface cérébrale chez l'animal endormi, en même temps que l'injection rapide de la pie-mère coïncidant avec le réveil. En rapprochant les deux faits que je viens de rappeler, j'arrive à me représenter de la manière suivante l'état de la circulation cérébrale pendant les deux états de

veille et de sommeil : pendant la veille, le tonus vasculaire est développé comme le tonus des muscles du squelette; les artérioles qui naissent des branches cérébrales antérieure, moyenne et postérieure, artérioles éminemment musculaires, sont suffisamment contractées pour permettre l'afflux sanguin vers la surface cérébrale, les centres corticaux sont alimentés et fonctionnent. Au contraire, dès que le sommeil tend à s'établir, le tonus vasculaire perd de sa valeur, les branches latérales très nombreuses qui naissent des artères cérébrales se dilatent et offrent au sang une voie largement suffisante; la masse du sang qui vient de l'hexagone de WILLIS se dirige alors vers les régions opto-striées, vers le mésocéphale : l'écorce du cerveau est anémiée.

Représentons-nous la disposition anatomique particulière des vaisseaux cérébraux; toutes les artères qui naissent de l'hexagone sont remarquablement longues et aucune n'arrive à l'écorce sans avoir fourni un nombre de branches dont les dimensions aussi bien que la quantité semblent hors de proportion avec le calibre du vaisseau mesuré à son origine. Pour que le sang arrive en abondance aux rameaux déliés qui terminent l'artère au niveau de l'écorce cérébrale, il faut que les branches auxquelles, pour bien rendre ma pensée, je donnerai le nom de « mésocéphaliques », soient contractées; si ces branches se dilatent, elles dériveront aussitôt vers le mésocéphale le sang qui allait se rendre aux régions intellectuelles; il y aura défaillance, insuffisance fonctionnelle dans l'écorce, le sommeil aussitôt s'établira comme il s'établit chez le pigeon dans l'expérience de FLOURENS.

A l'appui de la manière de voir que je viens d'exposer, on peut citer les faits de sommeil instantané,

naturel ou provoqué, aussi bien que les faits de sommeil prolongé : n'en a-t-on pas vu qui duraient quarante jours? Comment expliquer cela par les théories d'ordre purement chimique?

Remarquez que la plupart des substances excitantes ou narcotiques sont des modificateurs puissants de la circulation : l'infusion de café est excitante, elle augmente la pression sanguine, élève la valeur du tonus vasculaire, stimule par suite la circulation corticale. L'hydrate de chloral paralyse les vaso-moteurs, et il en est de même de la plupart des hypnotiques. Pourquoi les membres gonflent-ils au début du sommeil, ainsi que l'a démontré Mosso au moyen du pléthysmographe, sinon par abaissement du tonus et dilatation des vaisseaux superficiels?

J'ai entendu tantôt émettre l'hypothèse que les viandes provenant d'animaux fatigués auraient un pouvoir narcotique qui expliquerait la tendance au sommeil si fréquente après le repas. N'est-ce point là simplement un effet de la dilatation vasculaire coïncidant avec l'absorption digestive? Chez l'homme qui a bu et mangé abondamment, le diamètre de l'artère radiale augmente d'un tiers, la face est turgescente, le tonus vasculaire abaissé; l'anémie corticale étant la conséquence de cet état de la circulation, on s'explique la somnolence qui l'envahit; il semble que, dans les vacillations de l'intelligence qui se produisent pendant cette période d'invasion du sommeil, on puisse suivre les syncopes partielles qui résultent de la suppression successive de l'afflux sanguin dans les divers départements de la circulation corticale.

Que les substances ponogènes existent, je n'en doute nullement, mais, je le répète, je ne crois pas qu'on puisse, dans une théorie du sommeil, laisser de côté

les phénomènes vaso-moteurs qui sont plus accusés dans la circulation cérébrale que dans tout autre département vasculaire.

M. Errera. — Je suis loin de vouloir me passer des phénomènes circulatoires qui ont une réelle importance, mais qui sont à eux seuls insuffisants, car la théorie vaso-motrice ne me paraît point expliquer le sommeil, alors qu'elle s'appuie sur des alternatives périodiques d'hyperémie et d'anémie de l'écorce grise, sans nous dire la cause de ces alternatives.

J'ajoute que, d'après les observations de Binz, l'anémie corticale, loin de précéder le sommeil, ne vient que plus tard. Il est donc plus naturel d'y voir l'effet que la cause du sommeil.

L'expérience de Flourens qui supprime les cellules de la couche corticale du cerveau et qui produit, par ce fait, un sommeil immédiat, n'est pas en contradiction avec ma théorie; l'abolition de la fonction après l'ablation expérimentale de la cellule peut aussi se comparer à l'action des leucomaïnes qui, par leur propriété narcotique, mettraient hors de combat les cellules nerveuses.

M. Vanderkindere. — Ne croyez-vous pas que le sommeil pourrait être le résultat d'une habitude acquise, sa périodicité ne serait-elle pas attribuable aux phénomènes cosmiques : la nuit succède au jour, l'obscurité à la lumière, le sommeil à la veille?

M. Heger. — Le sommeil n'est pas périodique à tous les âges; il est presque continu chez le nouveau-né. Quant à l'habitude acquise, elle existe pour le sommeil comme pour les autres actes fonctionnels.

M. Du Pré. — Le besoin de dormir ne peut s'expliquer par la périodicité. Il est un proverbe : « Jeunesse qui veille, vieillesse qui dort, sont toutes deux près de la mort », qui est vrai et qui pourrait parfaitement s'adapter à la théorie de M. Errera ; les vieillards auraient une tendance somnolente parce qu'ils ne pourraient plus expulser les matières ponogènes. Quant à l'hypnotisme provoqué chez une hystérique, il n'a aucun rapport avec le sommeil normal.

M. Houzé. — La vieillesse est l'âge où l'on dort le moins. Si l'on descend l'échelle des âges, on constate que le sommeil est de plus en plus prolongé ; or, c'est chez l'enfant que la nutrition est le plus active, c'est vers les organes digestifs qu'afflue le sang. La théorie vaso-motrice nous donne à ce sujet des renseignements exacts ; elle rend si bien compte des phénomènes de veille et de sommeil qu'il est inutile d'invoquer la présence des leucomaïnes. Quant aux vieillards dont parle M. Du Pré et qui seraient toujours assoupis, parce que leurs organes n'auraient plus assez de vitalité pour lutter contre les substances ponogènes, c'est pour moi une théorie peu probable. D'abord il est inexact que les vieillards à l'état physiologique aient une tendance à la somnolence ; celle-ci est pathologique : interrogez les organes thoraciques et abdominaux et vous trouverez que certains d'entre eux sont congestionnés ou enflammés ; ils détournent donc d'une manière continue le sang de son cours normal, et la couche corticale du cerveau est privée de son excitant. Cette anémie corticale persistante produit l'assoupissement, le sommeil. La théorie vaso-motrice est donc satisfaisante, et alors pourquoi formuler une hypothèse hasardée?

J'aborde maintenant la deuxième observation de M. Du Pré : il n'y a pour lui aucun rapport entre le sommeil normal et l'hypnotisme qu'il considère comme un sommeil pathologique. Ici encore, je suis obligé par les faits à être d'un avis opposé. Le sommeil physiologique est le repos complet de tous les organes de relation : leurs fonctions sont momentanément soustraites au contrôle, à la direction qu'exercent sur elles, à l'état de veille, les centres idéo-moteurs.

L'hypnotisme est un état physiologique qu'on peut provoquer, à des degrés différents, chez des sujets qui, au point de vue de l'esprit et du corps, sont tout à fait normaux. Ce n'est pas seulement chez les hystériques, chez les névropathes qu'on peut déterminer les différentes phases de l'hypnotisme; chez ces derniers on peut admettre avec Charcot et son école qu'un élément pathologique entre en ligne ; mais, je le répète, les recherches de Beaunis, de Liébaut, de Bernheim sont là pour prouver de la manière la plus formelle que l'hypnotisme n'est pas toujours pathologique, et qu'au contraire il peut devenir un agent thérapeutique précieux.

M. Errera. — L'hypnotisme n'est cependant pas un fait normal au même titre que le sommeil quotidien.

La discussion est close.

SUR LE MÉCANISME DU SOMMEIL (1)

APERÇU CRITIQUE

I

La Société d'anthropologie a bien voulu écouter, il y a plus de huit ans, une communication intitulée : *Pourquoi dormons-nous?* dans laquelle je cherchais à réunir un faisceau de probabilités en faveur d'une théorie toxique du sommeil.

J'en rappellerai ici les traits essentiels (2).

Notre hypothèse s'appuie sur les belles découvertes de SELMI, relatives à la formation de produits alcaloïdiques dans la putréfaction des cadavres, et sur celles, non moins intéressantes et plus suggestives encore, d'ARMAND GAUTIER, au sujet de produits analogues engendrés par les animaux durant leur vie normale. De ces produits, les premiers ont reçu le nom de ptomaïnes; les seconds, celui de leucomaïnes. La distinction est moins fondamentale qu'on ne serait porté à le croire tout d'abord, puisque la putréfaction est la conséquence de la vie de certains microbes et qu'ainsi les ptomaïnes sont, en quelque sorte, les leucomaïnes normales de ces êtres.

(1) Cette communication a été faite à la Société d'anthropologie de Bruxelles, le 25 mars 1895. Elle a paru dans le *Bulletin* de cette Société, tome XIV, 1895-1896. Elle est reproduite dans le *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome IV.

(2) *Pourquoi dormons-nous?* Voyez ce travail, plus haut, page 1.

Quoi qu'il en soit, le travail, dans les organismes, est indissolublement lié à des écroulements chimiques. Au nombre des déchets qui en résultent figurent les leucomaïnes. Transportées par le sang, elles sont retenues, sans doute, chimiquement par les centres cérébraux; et, comme plusieurs d'entre elles ont une action fatigante et narcotique, elles doivent amener à la longue la fatigue et le sommeil. Pendant l'activité, il se forme plus de ces leucomaïnes par écroulement qu'il ne s'en détruit par oxydation. Mais, durant le sommeil, la destruction l'emporte. Leurs produits d'oxydation, n'ayant plus d'affinité spéciale pour le protoplasme de la substance grise, sont lavés et enlevés par le courant sanguin. La cellule nerveuse se trouve alors nettoyée; une légère excitation suffira à provoquer son réveil.

Travail, fatigue, sommeil, réparation et réveil ne sont plus seulement des événements qui se succèdent, mais des phénomènes qui s'enchaînent les uns aux autres, en un cycle régulier et nécessaire.

Les alternatives de veille et de sommeil deviennent, dans cette hypothèse, semblables aux mouvements rythmiques de la respiration ou aux phases d'activité et de repos d'un muscle.

En effet, les mouvements respiratoires sont essentiellement dus, d'après les travaux de Rosenthal, à l'excitation des centres bulbaires par le sang que les tissus ont modifié en le privant d'oxygène et en le chargeant d'anhydride carbonique. L'élégante expérience de Fredericq sur l'échange carotidien confirme tout à fait cette théorie. On sait en quoi elle consiste : Fredericq sectionne simultanément l'une des carotides à deux chiens ou à deux lapins et relie les deux

animaux entre eux de façon à croiser leurs circulations céphaliques; il ligature ensuite à chacun l'autre carotide. Dans ces conditions, la tête de l'un des animaux ne reçoit que du sang venant du corps de l'autre, et réciproquement. Si l'on produit maintenant une pénurie d'oxygène et un excès d'anhydride carbonique dans la circulation de l'un d'eux, c'est l'autre — celui dont les centres respiratoires et la tête entière reçoivent ce sang non artérialisé — qui présente l'exagération caractéristique des mouvements respiratoires (1). Le sang a donc transporté d'un animal à l'autre le trouble dû à une asphyxie incipiente et l'excitation qui en résulte.

De même, les recherches récentes de Mosso sont venues à l'appui de la théorie de Ranke sur la fatigue musculaire. « Il est certain, dit Mosso, que la substance du muscle engendre, durant le travail, des matières de rebut, des scories, pour ainsi dire, qui sont toxiques (2). » Ces matières, entraînées par le sang, altèrent sa composition. Voici une expérience de Mosso qui le prouve. A un chien endormi par la morphine, on injecte le sang d'un chien quelconque : rien de particulier ne se produit. Mais si on lui injecte le sang d'un chien qui a été tétanisé pendant quelques minutes au moyen d'un courant électrique, on constate chez le chien endormi l'anhélation respiratoire et l'accélération du cœur. Ces effets dépendent, non de l'anhydride carbonique qu'on peut éliminer par le battage, mais bien de substances spéciales qui ont modifié la composition du sang (3).

(1) Fredericq, *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 3e série, tome XIII, 1887, page 417. — Idem, *Travaux du laboratoire de Liége*, tome III, 1890, page 1. — Bienfait et Hogge, *Ibidem*, page 13.

(2) Mosso, *La fatigue*, traduction française, page 73. Paris, 1894.

(3) Mosso, *Op. cit.*, page 75

Entre la théorie respiratoire de ROSENTHAL, la théorie des substances musculaires « fatigantes » de RANKE et la théorie toxique du sommeil telle que OBERSTEINER, BINZ, PREYER et moi-même nous l'avons successivement formulée et modifiée, il existe, on le voit, un indiscutable parallélisme.

II

Mon travail d'il y a huit ans n'était à la vérité qu'un simple *Essai* sur lequel j'appelais, en termes formels, le contrôle de l'expérience directe (1).

Malheureusement, il s'agissait là d'un domaine qui ne m'est pas familier et je me suis heurté à de grandes difficultés expérimentales. J'ai fait néanmoins, dès 1888 (en partie seul, en partie avec le concours obligeant du secrétaire général de notre Société, M. le docteur JACQUES), un certain nombre d'expériences sur des chiens fatigués et non fatigués. Les résultats ont été peu concluants et ces recherches doivent être reprises.

En revanche, l'étude microchimique des alcaloïdes végétaux m'a fourni quelques données qui peuvent éclairer indirectement le problème du sommeil. Les alcaloïdes présentent, dans les plantes, une répartition topographique précise et très constante (2) : ils se

(1) *Pourquoi dormons-nous?* Voyez plus haut, pages 10 et 33.

(2) Voir à ce sujet : ERRERA, MAISTRIAU ET CLAUTRIAU, *Premières recherches sur la localisation et la signification des alcaloïdes dans les plantes* (Extrait du *Journal de médecine, de chirurgie et de pharmacologie*, Bruxelles, 1887 [et *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome II, page 147]), et une série de travaux ultérieurs exécutés dans mon laboratoire.

forment dans les tissus actifs, comme des produits accessoires de leur activité même; ils circulent ensuite de manière à s'accumuler et à se localiser en d'autres endroits. C'est précisément ce que notre hypothèse admet pour les leucomaïnes somnifères des animaux, engendrées par le travail de tous les organes, transportées par le courant sanguin et déposées peu à peu dans la substance grise jusqu'à l'encrasser, pour ainsi dire, et à suspendre temporairement son intégrité fonctionnelle.

Si cette accumulation cérébrale des leucomaïnes reste à prouver, au moins est-elle rendue très vraisemblable par la façon dont se conduisent des substances analogues dans l'organisme animal. Ainsi Lovett (1) a montré que la strychnine, qui agit surtout sur les cellules de la moelle épinière, s'y localise aussi d'une manière prépondérante : à l'action élective correspond une localisation élective. Ainsi encore Kochs (2) a pu confirmer les observations de Binz (3) sur l'action locale exercée par les soporifiques, qui rendent trouble la substance grise fraîche, alors que d'autres corps analogues, mais non soporifiques, ne produisent point cet effet.

Mosso arrive à une conclusion semblable : « En analysant l'action élective des narcotiques et des anesthésiques, on voit que ces drogues suspendent les fonctions chimiques des cellules nerveuses. Chez un chien complètement insensibilisé par un anesthésique, on n'obtient plus d'augmentation de température (du cer-

(1) Lovett, *An experimental investigation of strychnine poisoning* (*Journal of physiology*, 1888, tome IX, page 99).

(2) Kochs, *Centralblatt für klinische Medizin*, 1886, n° 51.

(3) Binz, *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie*, VI, 1877, page 313, et XIII, 1880, page 163.

veau), même en stimulant l'enveloppe cérébrale par un courant électrique. Ces résultats ne peuvent pas s'expliquer par le fait des changements de la circulation du sang (1). »

N'est-il pas naturel d'inférer de tout cela que s'il se forme dans l'organisme des leucomaïnes somnifères, elles doivent — déduction faite de ce qui se fixe, se détruit ou s'élimine dans le foie, dans le rein, peut-être aussi dans les capsules surrénales — aller se déposer peu à peu dans les cellules nerveuses dont la suspension d'activité est le caractère dominant du sommeil?

Mais à part ce point, qui me paraît mieux établi aujourd'hui qu'il y a huit ans, la théorie du mécanisme du sommeil se présente encore, à mes yeux, de la même manière qu'à cette époque. Si j'y reviens dès à présent, c'est que je voudrais jeter un regard sur quelques publications parues dans ces dernières années et qui ne me semblent pas toujours envisager la question sous son véritable aspect.

III

Lors de la discussion à laquelle ma communication a donné lieu dans notre Société, en 1886, mon collègue et ami, M. le professeur Heger, a fait valoir avec beaucoup de netteté et de force les arguments qui parlent en faveur de la théorie vaso-motrice du sommeil (2). Pour lui, la cause du sommeil doit être

(1) Mosso, *La température du cerveau* (*Revue générale des sciences*, 30 avril 1892, page 266).

(2) Voyez plus haut, page 36.

cherchée dans un abaissement du tonus vasculaire : la masse du sang venant de l'hexagone de WILLIS se dirige alors vers le mésocéphale, et l'écorce du cerveau, anémiée, cesse temporairement son activité. A l'appui de cette explication, HEGER rappelle qu'il y a toujours un certain degré d'anémie corticale durant le sommeil naturel ou artificiel, et que les substances excitantes ou narcotiques sont, la plupart, des modificateurs puissants de la circulation.

DE BOECK ET J. VERHOOGEN, dans un travail fait sous la direction d'HEGER, se prononcent dans le même sens. Après avoir établi que la morphine abaisse la pression sanguine et modifie profondément la répartition du sang circulant dans l'encéphale, qu'elle anémie l'écorce et qu'elle hyperémie la base du cerveau, ils rattachent le sommeil artificiel, comme le sommeil normal, à ces modifications circulatoires (1).

Qu'est-ce à dire? Sans doute un relâchement des vaisseaux et une anémie corticale inciteront au sommeil, tandis que les phénomènes inverses le retarderont. On peut même se servir de ces données pour provoquer ou pour combattre le sommeil. C'est ainsi qu'ALTDORFER (2) obtient le sommeil, dans les cas d'insomnie, en enveloppant la région lombaire et le ventre au moyen de linges trempés dans l'eau tiède. Il admet que cette eau, ayant la même température que le sang, détermine, par son contact avec la peau, une dilatation des vaisseaux périphériques suivie d'anémie cérébrale.

Inversement, on raconte que la marquise DU CHÂ-

(1) J. DE BOECK ET J. VERHOOGEN, *Contribution à l'étude de la circulation cérébrale* (*Journal de médecine, de chirurgie et de pharmacologie*. Bruxelles, 1890, n° 21, pages 34, 40, 42).

(2) *Semaine médicale*, 1889, n° 16 (cité dans le *Journal de médecine*, Bruxelles, 5 juin 1889, page 355).

TELET, en préparant son mémoire de physique sur la nature du feu, qu'elle écrivit en huit nuits, combattit son effroyable fatigue en se trempant les mains dans l'eau glacée (1). L'eau froide doit agir ici en augmentant le tonus vasculaire et en activant par là la circulation corticale en même temps que le lavage des centres nerveux.

Tout cela est fort bien et j'en demeure d'accord. Loin de contester ces rapports entre les variations de la circulation cérébrale et les alternatives de sommeil et de veille, je les ai mentionnés expressément (2). Mais on n'aperçoit pas le lien qui rattache, dans le cours normal des choses, ces modifications vasomotrices au travail et à la fatigue et, au lieu de suffire à l'explication du sommeil, elles demandent bien plutôt elles-mêmes à être expliquées. Telle semble être, au fond, l'opinion d'HEGER (3) lorsqu'il dit que ces phénomènes vasculaires sont non « pas la cause, mais la condition du sommeil ».

J'irai plus loin, et je crois que l'ensemble de nos connaissances actuelles autorise même à n'y voir qu'un effet du sommeil.

En dehors des observations de BINZ, que j'ai invoquées jadis, il serait facile de montrer qu'une série de physiologistes, parmi les plus récents et les plus compétents, concluent absolument dans ce sens.

Ainsi, GUINARD, étudiant dans le laboratoire d'ARLOING l'action de la morphine sur le courant sanguin, se prononce « en faveur du principe de l'indépendance

(1) Voir E. DU BOIS-REYMOND, *Voltaire in seiner Beziehung zur Naturwissenschaft*, 1868, page 16.

(2) Voyez plus haut, page 2.

(3) *Loc. cit.*

qui existe entre les modifications de la circulation cérébrale et le sommeil morphinique (1) ». Dans une conférence extrêmement intéressante faite à Vienne, en 1890, à propos de la pathologie et de la physiologie du sommeil, sur laquelle nous aurons à revenir, MAUTHNER est plus catégorique encore : « L'opinion que le sommeil serait simplement produit par l'hyperémie ou l'anémie de certaines portions du cerveau, ou de toutes, doit, dit-il, être écartée comme surannée (2) ». A la suite de ses expériences sur les narcotiques, rappelées tantôt, Mosso proclame de même que « les doctrines qui voulaient expliquer le sommeil au moyen des changements de la circulation sanguine ne suffisent plus (3) ». Et il ajoute cette remarque essentielle : « J'ai vu que nous pouvons nous éveiller, penser et avoir conscience avant que la circulation du sang ait eu le temps de se modifier ».

D'ailleurs, si l'anémie cérébrale était la condition principale du sommeil, on ne s'expliquerait guère que l'homme et beaucoup d'animaux se couchent pour dormir, ce qui doit faciliter l'afflux du sang vers le cerveau. Plusieurs hygiénistes conseillent même de dormir en plaçant la tête un peu plus bas que les pieds. Cette position a été recommandée très vivement par MEULI-HILTY, entre autres, qui s'est livré à un grand nombre d'essais (4). Le décubitus se concilie certes mieux avec notre hypothèse, dans laquelle le torrent sanguin est

(1) GUINARD, *Comptes rendus de la Société biologique de Paris*, 26 juillet 1895, page 573.

(2) MAUTHNER, *Wiener medizinische Wochenschrift*, 1890, page 1185.

(3) MOSSO, *Les phénomènes psychiques et la température du cerveau* (*Archives italiennes de biologie*, XVIII, II, 1892, page 286).

(4) MEULI-HILTY, *Das rationelle Schlafen* (*Pflüger's Archiv fur die gesammte Physiologie*, tome XXXVIII, 1886, pages 339-357).

chargé du nettoyage des centres nerveux endormis, qu'avec la théorie vaso-motrice du sommeil.

IV

Un second groupe de physiologistes s'est demandé, à l'exemple de BOUCHARD, si la toxicité des urines n'est pas de nature à nous expliquer le sommeil. BOUCHARD n'avait-il pas constaté, en les injectant au lapin, que les urines émises par l'homme pendant la veille sont narcotiques, tandis que les urines du sommeil sont convulsivantes, et qu'en outre celles-là sont beaucoup plus toxiques que celles-ci (1)?

Mais il ressort des recherches de LÉPINE, AUBERT et STADTHAGEN que l'action toxique des urines est due, pour la majeure partie, aux sels inorganiques qu'elles renferment, et, d'après les expériences de LAEHR, c'est probablement à leur teneur plus considérable en sels de sodium et de potassium que les urines du jour doivent leur toxicité supérieure (2).

Dans une note qui a pour titre : *Le sommeil hivernal est-il le résultat d'une auto-intoxication physiologique* (3)? RAPHAËL DUBOIS annonce aussi qu'il a injecté à des lapins l'urine de marmottes hivernantes et qu'il n'a pas observé chez eux de tendance au sommeil. Ce fait lui semble en contradiction avec l'hypothèse que j'ai exposée sur la cause du sommeil.

(1) BOUCHARD, *Comptes rendus*, 29 mars 1886, page 729.

(2) Voir BREISACHER, *Zur Physiologie des Schlafes* (*Du Bois-Reymond's Archiv für Physiologie*, 1891, page 331) et les auteurs qu'il cite. — LAEHR, *Versuche über den Einfluss des Schlafes auf den Stoffwechsel* (*Allgemeine Zeitschrift für Psychiatrie*, tome XLVI, 1889, page 303).

(3) RAPHAËL DUBOIS, *Comptes rendus de la Société biologique de Paris*, 6 avril 1889, page 260.

J'avoue que je ne saurais guère accorder d'importance, dans la question qui nous occupe, aux expériences sur l'action narcotique des urines ou d'autres excrétions. Le rein n'est pas un simple filtre au travers duquel passeraient, pêle-mêle, tous les produits diffusibles de l'organisme : il modifie les uns, il en retarde d'autres, arrête ceux-ci, expulse ceux-là, et conclure directement de ce qui existe dans l'urine à ce qui se passe dans toute l'économie, c'est un peu trop vouloir juger une fabrique par la seule inspection de ses eaux d'égout.

En tout cas, il paraît rationnel de fonder une théorie du sommeil sur les produits que l'on trouve dans les tissus mêmes de l'organisme plutôt que sur ceux qu'il rejette par ses excrétions (1).

V

Il semble difficile de croire qu'une proportion variable d'eau contenue dans le système nerveux soit la cause de notre sommeil quotidien. Cette théorie bizarre a cependant été soutenue, il y a quelques années, par Rosenbaum (2).

Si l'on cherche à dégager ce qu'il y a d'essentiel dans sa brochure érudite, mais assez diffuse, on voit qu'il s'appuie surtout sur les données de la pathologie, relatives à des maladies dans lesquelles le sommeil ou des symptômes torpides analogues jouent un rôle prédominant. Suivant Buhl (3), il y aurait toujours, dans

(1) Voyez plus haut, page 10, et Léo Errera, *Note sur la théorie toxique du sommeil* (*Comptes rendus de la Société biologique de Paris*, 27 juin 1891, page 508).

(2) E. Rosenbaum, *Warum müssen wir schlafen?* Berlin, 1892.

(3) Buhl, dans Ziemssen, *Handbuch der speziellen Pathologie und Therapie*, 1874, tome II, 1, page 122.

ces maladies, augmentation de la teneur en eau du cerveau, et telle serait la cause de la dépression psychique et de la somnolence observées. Partant de là, et invoquant en outre la formation de l'eau comme produit d'oxydation pendant l'activité des organes, ROSENBAUM échafaude cette hypothèse : la fatigue et le sommeil seraient dus à l'accumulation d'eau dans le système nerveux ; pendant le sommeil, cet excès d'eau serait éliminé.

Les arguments par lesquels l'auteur étaye encore son opinion sont fort peu probants. C'est ainsi qu'il cite les travaux bien connus de RANKE (1), d'après qui les muscles et les nerfs, en se fatiguant, deviennent plus riches en eau aux dépens du plasma sanguin.

Mais d'abord, il n'est pas certain que les nerfs se fatiguent comme les muscles. Au contraire, la plupart des expérimentateurs récents concluent à l'infatigabilité des nerfs périphériques (2). Au lieu de la fatigue des nerfs, il faut donc parler sans doute d'une fatigue des cellules nerveuses centrales. Puis, ROSENBAUM oublie que, par un simple lavage au moyen de liquides aqueux indifférents ou par l'action de la circulation sanguine, RANKE restituait l'excitabilité au muscle fatigué, ce qui concorde mal avec l'idée que l'eau était la cause de la fatigue.

D'ailleurs, le fait d'une accumulation d'eau dans le muscle qui a travaillé se comprend sans peine. Le travail s'accomplit au prix de dédoublements chimiques : des substances complexes — albuminoïdes, glycogène, etc. — se brisent en substances plus simples. Or, toutes les substances organiques solubles étant

(1) ROSENBAUM, *Op. cit.*, page 35.

(2) Voir les travaux de BERNSTEIN, WEDENSKY, BOWDITCH, MASCHEK, SZANA, MARES.

sensiblement isotoniques, c'est-à-dire exerçant, par gramme-molécule, à peu près la même attraction vis-à-vis de l'eau, tout dédoublement de leur molécule est un doublement de pouvoir osmotique. Ainsi l'on voit que, nécessairement, un organe qui travaille et est le siège d'écroulements moléculaires doit, par cela même, soutirer une plus grande quantité d'eau au sang qui le baigne. Cette conclusion, dont nous n'avons pas à faire ressortir ici la portée, s'impose à tout naturaliste que l'étude des cellules végétales a familiarisé avec les phénomènes de l'osmose. Elle vient, du reste, de recevoir une confirmation nouvelle dans les expériences exécutées par Miss E. Cooke, au laboratoire de Loeb, d'après lesquelles le muscle gastrocnémien de la grenouille au repos est isotonique avec une solution de chlorure de sodium de 0.75 à 0.85 %, tandis que le même muscle tétanisé équivaut à une solution de 1.2 à 1.5 % (1).

Une explication analogue rend compte de l'augmentation d'eau signalée par Buhl dans le cerveau, à la suite de maladies qui le fatiguent et le dépriment.

Dans le cerveau, comme dans le muscle, l'augmentation d'eau est donc un effet et non la cause de la fatigue. Aussi la théorie de Rosenbaum ne saurait-elle être acceptée.

VI

Après s'être prononcé, comme on l'a lu plus haut, contre l'hypothèse qui fait du sommeil une auto-intoxication physiologique, Raphaël Dubois, dans

(1) Jacques Loeb, *Some facts and principles of physiological morphology*. Biological lectures delivered at Woods' Hall, page 47, Boston, 1894.

une communication récente (1), s'est déclaré, au contraire, nettement en sa faveur. Son adhésion n'en a que plus de prix. Il considère maintenant comme démontré que le sommeil hivernal de la marmotte est une « autonarcose ». Seulement, ce n'est pas dans l'urine ou dans l'extrait alcoolique des fèces, c'est dans l'organisme même qu'il croit avoir découvert les produits narcotiques. Voilà précisément où, en réponse à la première note de Dubois, je conseillais de les rechercher (2) : sur ce point, il ne me paraît donc plus y avoir de divergence entre nous.

Mais, d'accord sur le principe, je ne puis me rallier aux conclusions spéciales du physiologiste de Lyon.

« J'ai en vain, dit-il, recherché la présence de toxalbumines, de toxines et de principes analogues somnifères, dans l'organisme et dans les excrétions des marmottes en hivernation; mais l'analyse des gaz du sang m'a donné des résultats très importants, au point de vue de l'explication du sommeil et de l'hypothermie. »

Contrairement à ce que pourrait faire supposer le début de cette phrase, l'auteur indique, dans le sang des marmottes, des substances somnifères. Il est vrai que ce ne sont pas des « toxines » : c'est, d'après lui, de l'anhydride carbonique et de l'acétone.

Il a trouvé, dans le sang artériel de l'animal hivernant, à peu près autant d'oxygène qu'à l'état de veille. Quant à l'anhydride carbonique, déjà très abondant durant le jeûne hivernal, il augmente de $0^{cc}42$ à $0^{cc}71$ environ, par 100 c. c. de sang, quand l'animal tombe en torpeur. « Or, on sait — continue l'auteur — qu'en

(1) Raphaël Dubois, *Autonarcose carbonico-acétonémique, ou sommeil hivernal de la marmotte* (*Comptes rendus*, 25 février 1895, page 458).

(2) *Note sur la théorie toxique du sommeil* (*Comptes rendus de la Société biologique de Paris*, 27 juin 1891, page 508).

faisant respirer des mélanges convenables d'acide carbonique et d'oxygène à des lapins, on peut provoquer une narcose prolongée, accompagnée d'hypothermie considérable. Le même effet s'obtient avec la marmotte... »

Pendant le sommeil hivernal, il y a aussi déshydratation du sang qui devient plus dense, plus riche en globules rouges.

De l'avis de l'auteur, « l'accumulation d'acide carbonique dans le sang et la déshydratation de ce dernier suffisaient à expliquer, à la fois, l'autonarcose et l'autohypothermie de l'hivernant ». Mais, en outre, il se produirait de l'acétone, et cela d'une manière bien plus accentuée dans l'état de torpeur profonde que dans la vie active. Or, « 5 c. c. d'acétone injectés dans le tissu cellulaire d'une grosse marmotte nourrie et n'hivernant pas, ont amené une torpeur prolongée, ressemblant beaucoup à celle de l'hivernation, mais sans hypothermie bien accentuée ».

Voici la conclusion : « Pour ces raisons et pour d'autres, qui seront développées et accompagnées de tous les documents nécessaires dans un mémoire complet, je considère comme démontré que le sommeil hivernal de la marmotte est une autonarcose carbonico-acétonémique; » et il ajoute, quelques jours plus tard : « mais surtout carbonique (1) ».

Sera-t-il permis, dès à présent, de faire des réserves au sujet de cette argumentation et de cette conclusion? Les faits avancés par Raphaël Dubois montrent seulement dans l'accumulation d'anhydride carbonique et d'acétone une conséquence du sommeil, et en particulier du ralentissement de la circulation et de la

(1) Raphaël Dubois, *Comptes rendus de la Société biologique de Paris*, 2 mars 1895, page 151.

respiration (1). Ils ne nous apprennent rien du tout quant à la cause du sommeil et du réveil. Cela résulte des données mêmes de DUBOIS : « L'acide carbonique s'accumule depuis le commencement du sommeil jusqu'à la fin (2). » Si donc ce gaz existe en plus grande quantité dans le sang au moment où va se produire le réveil qu'à celui où va se produire l'engourdissement, cela suffit à prouver qu'il n'est point la cause du sommeil.

VII

Il me reste à parler de ce qu'on a appelé la théorie histologique du sommeil. Je ne m'étais point d'abord proposé de le faire, n'ayant nullement la prétention de passer en revue tout ce qui a été publié sur notre sujet. Mais la discussion dont ma communication a été suivie dans notre Société m'engage à intercaler ici une analyse rapide de l'hypothèse soutenue par MATHIAS DUVAL.

En réalité, c'est une forme nouvelle de la théorie du sommeil par discontinuité (« Unterbrechungstheorie »), d'après laquelle le sommeil ne serait ni un arrêt du fonctionnement des organes périphériques, ni à proprement parler une cessation de l'activité centrale, mais seulement une interruption temporaire de la transmission nerveuse entre la périphérie et le centre. Cette idée remonte à PURKINJE; MAUTHNER l'a reprise

(1) Sur l'augmentation de l'anhydride carbonique dans le sang pendant le sommeil naturel ou artificiel, voir aussi L. DE SAINT-MARTIN, *Comptes rendus*, 1887, tome CV, page 1124.

(2) *Comptes rendus*, 25 février 1895, page 459. — Voir les nombres à l'appui dans RAPHAËL DUBOIS, *Variations des gaz du sang chez la marmotte* (*Comptes rendus de la Société biologique de Paris*, 22 décembre 1894, page 821).

il y a cinq ans et l'a développée avec un talent remarquable (1). Il est facile de la caractériser, si nous recourons à la comparaison classique du système nerveux avec un réseau télégraphique : le sommeil consiste alors en une interruption du fil conducteur et non en une suspension du service dans le bureau central ou dans les bureaux situés aux extrémités de la ligne.

Pour MAUTHNER, les sens ne sont pas abolis pendant le sommeil, puisqu'un bruit, une lumière, un choc agissent encore sur notre sensibilité; les cellules de l'écorce cérébrale peuvent fonctionner aussi, puisque nous rêvons; mais les connexions centripètes entre les organes des sens et l'écorce grise, d'une part, les connexions centrifuges entre cette écorce et les muscles, d'autre part, seraient temporairement interrompues. Où se fait cette interruption? En s'éclairant de la pathologie du sommeil, MAUTHNER la localise dans la substance grise circumventriculaire.

C'est encore par une interruption passagère que la théorie « histologique » prétend expliquer le sommeil. Seulement, il s'agit cette fois des prolongements des cellules nerveuses que GOLGI, RAMON Y CAJAL, VAN GEHUCHTEN et d'autres ont étudiés avec tant de soin. On admet aujourd'hui qu'il n'y a pas d'anastomoses durables entre les cellules nerveuses ou neurones, mais simple contact entre leurs prolongements : à la notion traditionnelle de la continuité du système nerveux s'est substituée celle de la contiguïté. Que ces prolongements soient mobiles, qu'ils puissent tantôt s'étendre et tantôt se rétracter de façon à amener le contact ou à l'interrompre, et l'on concevra sans peine que les

(1) MAUTHNER, *Zur Pathologie und Physiologie des Schlafes nebst Bemerkungen über die « Nona »* (*Wiener medizinische Wochenschrift*, 1890, nos 23 à 28).

réflexes s'accomplissent plus ou moins facilement, que des associations d'idées se produisent ou disparaissent, que les impressions arrivent ou n'arrivent pas à la conscience, que les impulsions motrices soient transmises aux muscles ou arrêtées en route, que l'organisme veille ou qu'il soit endormi.

Telle est l'hypothèse que les découvertes récentes de l'histologie ont fait naître et que RABL-RÜCKHARD, LÉPINE et MATHIAS DUVAL ont formulée, indépendamment l'un de l'autre (1).

Extension des ramifications nerveuses terminales pendant la veille, rétraction de ces « pseudopodes » pendant le sommeil, en un mot, mouvements amiboïdes des neurones, cela est assurément fort ingénieux. Et s'il faut avouer, avec MORAT, VON KÖLLIKER et d'autres, que la base sur laquelle s'appuient ces suppositions est encore bien fragile, il me semble tout aussi prématuré de les rejeter que de les accueillir sans réserves. La structure rigide et la non-contractilité des cylindres-axes qui a été invoquée comme une objection sérieuse, n'exclut pas, à la rigueur, des mouvements amiboïdes dans les arborisations terminales les plus délicates.

Je n'entends donc nullement écarter *a priori* l'hypothèse du sommeil par discontinuité, soit qu'il s'agisse d'une sorte de relai interrupteur général, tel que MAUTHNER l'admet, soit qu'il s'agisse d'innombrables

(1) RABL-RÜCKHARD, *Sind die Ganglienzellen amöboid? Eine Hypothese zur Mechanik psychischer Vorgänge* (*Neurologisches Centralblatt*, 1890, n° 7) (cité par VON KÖLLIKER). — LÉPINE, *Un cas d'hystérie à forme particulière* (*Revue de médecine*, août 1894). — IDEM, *Comptes rendus de la Société biologique de Paris*, 15 février 1895, page 85. — MATHIAS DUVAL, *Hypothèses sur la physiologie des centres nerveux; théorie histologique du sommeil* (*Comptes rendus de la Société biologique de Paris*, 8 février 1895, page 74). — IDEM, *ibidem*, 15 février 1895, page 86. — MORAT, *ibidem*, 22 février 1895, page 114. — VON KÖLLIKER, *Kritik der Hypothesen von Rabl-Rückhard und Duval über amöboide Bewegungen der Neurodendren* (*Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg*, 9 mars 1895).

interruptions locales, comme le soutiennent RABL-RÜCKHARD, LÉPINE et DUVAL. Mais voici où je veux en venir : même si l'on arrivait à démontrer ces discontinuités périodiques de la transmission nerveuse, cela ne suffirait point à constituer une théorie du sommeil. Je ne puis m'empêcher d'insister là-dessus. Tant que vous ne m'avez pas fait saisir à quoi sont dus les changements périodiques auxquels vous rattachez le sommeil, pourquoi ces alternatives, pourquoi ce rythme, vous ne m'avez pas expliqué pourquoi nous dormons, ou, du moins, votre explication est tout à fait incomplète.

MAUTHNER l'a bien compris. Il ne manque pas de ramener l'arrêt temporaire dans le fonctionnement de la substance grise circumventriculaire aux modifications chimiques que le travail y détermine. Il lui paraît vraisemblable qu'il y a là accumulation de produits d'épuisement et que le lavage sanguin les enlève pendant le sommeil. LÉPINE l'a compris également, et il montre que la théorie histologique se concilie avec la théorie chimique du sommeil. DUVAL, tout en négligeant la question des rapports entre la fatigue et le sommeil, parle dans sa seconde communication d'un chimiotropisme possible des cellules nerveuses, qui étendraient ou rétracteraient leurs prolongements sous des influences chimiques, comme le font les leucocytes. A cela, VON KÖLLIKER objecte, il est vrai, que les leucocytes sont attirés par des sécrétions microbiennes ou des produits de décomposition de certains tissus, et qu'il devrait y avoir alors dans l'organisme normal des composés chimiques analogues. Ne pourrait-on pas répondre à l'illustre anatomiste de Wurzbourg que de telles substances existent et que l'analogie entre certains produits normaux de la désassimilation et les

produits de régression formés par les microbes ou les tissus en dégénérescence s'affirme précisément de plus en plus? C'est sur cette analogie même que se fonde notre hypothèse toxique du sommeil.

VIII

Mentionnerai-je encore la théorie « dynamique » de SERGUÉYEFF (1), d'après laquelle la veille serait une assimilation, le sommeil un rejet d'éther impondérable? Il me faudrait avouer alors que je ne suis pas parvenu à la comprendre. Citerai-je enfin l'opinion de ceux qui admettent un centre spécial, présidant au sommeil (2)? Mais, pas plus que la théorie circulatoire ou celle de la discontinuité, la théorie d'un centre ne suffit à nous rendre compte de l'enchaînement normal et nécessaire qui rattache les uns aux autres le travail, la fatigue, le sommeil, la réparation et le réveil. Ce ne sont point, à vrai dire, des théories, puisqu'on se borne en quelque sorte à déplacer la question.

Or, nous savons bien que, dans le cours normal des choses, l'organisme ne dort pas et ne travaille pas indéfiniment. Après un temps donné, le sommeil cesse de lui-même, comme le travail cesse forcément. Semblables en cela à la respiration et à la production de chaleur, le travail et le sommeil sont donc soumis à une « autorégulation » véritable. Tout se passe comme si l'activité engendrait la cause du sommeil, et comme si le sommeil la détruisait.

(1) S. SERGUÉYEFF, *Le sommeil et le système nerveux. Physiologie de la veille et du sommeil*, 2 volumes, Paris, 1890 (analysé par FR. PAULHAN dans la *Revue philosophique*, 1891, 2e semestre, page 293).

(2) LANDOIS, *Lehrbuch der Physiologie*, Vienne, 1891 (cité par ROSENBAUM).

Tel est l'aspect sous lequel, à notre sens, le problème doit toujours être considéré. Et alors, de quelque façon qu'on le retourne, on est ramené à la notion des déchets organiques, occasionnés par le travail et réagissant à leur tour sur l'économie, de façon à provoquer d'abord la cessation du travail, et le sommeil ensuite. C'est là la conception essentielle que RANKE, pour la fatigue musculaire, OBERSTEINER, pour le sommeil, ont été, je pense, les premiers à dégager avec netteté. Il serait fastidieux d'énumérer ceux qui s'y sont ralliés depuis. On a déjà vu que MAUTHNER y est très favorable; LAEHR (1) et MOSSO (2) l'adoptent. L'un de nos psychologues les plus subtils, DELBŒUF (3), penche aussi vers cette interprétation.

En attribuant le sommeil à une action locale des leucomaïnes de la fatigue sur les centres nerveux, il est aisé de comprendre qu'il y ait presque toujours à la fois des centres assoupis et des centres éveillés. J'insistais déjà dans ma première communication sur ces sommeils partiels, qui embrassent aussi les phénomènes du somnambulisme et du rêve. On prévoit qu'en général les centres délicats qui interviennent dans les opérations intellectuelles les plus hautes et dans la conscience seront les premiers endormis et s'éveilleront les derniers.

Mais tout est relatif. Les centres cérébraux d'un sauvage ne valent pas assurément ceux de GALILÉE,

(1) LAEHR, *Versuche über den Einfluss des Schlafes auf den Stoffwechsel* (*Allgemeine Zeitschrift für Psychiatrie*, tome XLVI, pages 314-315).

(2) MOSSO, *La fatigue*, page 74.

(3) DELBŒUF, *Matière brute et matière vivante*, 1887, page 37 — Dans la série d'articles que le même auteur a publiés dans la *Revue philosophique*, en 1879 et 1880, sous ce titre : *Le sommeil et les rêves*, il se contentait de rattacher le sommeil, d'une façon générale, à ce que la sensibilité est émoussée par l'usage même qui en est fait (*loc. cit.*, février 1880, page 164).

de NEWTON ou de DARWIN : ils ne s'en assoupiront pas moins lorsque les déchets somnifères les auront envahis. Le sommeil pourra se présenter avec les mêmes caractères fondamentaux, les mêmes causes, le même mécanisme, sinon partout où il y a des cellules vivantes, du moins partout où il y a un système nerveux : chacun endort ce qu'il peut. Nous concevons parfaitement des alternatives de torpeur et d'activité, même en l'absence d'un cerveau. Le chien sans cerveau de GOLTZ dort et s'éveille à peu près comme un chien normal (1), et l'on sait qu'il en est de même pour les pigeons (2) ; il existe donc parfois une veille et un sommeil cérébelleux, une veille et un sommeil médullaires, indépendants des hémisphères cérébraux.

Dois-je m'excuser, en finissant, d'avoir consacré ces pages à de la critique et à de l'hypothèse ? Sans doute, dans les sciences, les progrès durables s'accomplissent par l'observation et l'expérience. Mais l'hypothèse et le raisonnement ont aussi un rôle indispensable. On dira que ce sont là vérités bien banales : il faut pourtant les répéter, puisque certains esprits persistent à vouloir que l'on s'en tienne exclusivement aux faits. Or, c'est l'abus de l'hypothèse qui est seul blâmable, et l'on est en droit d'y recourir lorsqu'on le fait avec modération, prudemment, consciemment, en ayant soin de ne jamais confondre des probabilités avec des preuves et la vraisemblance avec la certitude.

On me pardonnera donc si j'ai cherché à établir que l'hypothèse toxique du sommeil est celle qui, à l'heure

(1) GOLTZ, *Neurologisches Centralblatt*, juin 1889.

(2) Voir BARATINSKY, *Effets produits par les narcotiques sur les animaux privés d'une partie du cerveau* (*Archives des Sciences biologiques de Saint-Pétersbourg*, tome III, 2, 1894, pages 177-178).

actuelle, répond le mieux aux faits. Elle a déjà été l'origine de bon nombre de travaux expérimentaux, et il en faudra encore beaucoup pour l'asseoir ou la renverser définitivement. Mais si une hypothèse provoque à l'expérience, si elle stimule à la recherche de faits nouveaux, qu'elle soit vraie ou qu'elle soit fausse, elle aura été utile.

DISCUSSION

M. Maréchal remercie M. Errera d'avoir présenté à la Société d'anthropologie une communication aussi intéressante, et lui demande s'il a connaissance de la théorie nouvelle de Duval sur le sommeil.

Les recherches de Golgi et de Ramon y Cajal ont démontré que les cellules nerveuses constituaient des unités morphologiques propres, que les prolongements d'une cellule nerveuse ne se continuaient pas avec les prolongements des cellules voisines, qu'il y avait entre eux simple contact. Duval admet que ces prolongements, tant protoplasmatiques que cylindraxiles, sont pourvus de mouvements amiboïdes; au moment du sommeil, ils se rabattent vers le corps cellulaire et coupent ainsi toute communication avec les cellules voisines. Les substances hypnogènes dont parle M. Errera n'auraient-elles pas comme propriété de déterminer la rétraction de ces prolongements protoplasmatiques?

M. Errera connaissait ces recherches; mais l'explication donnée par Duval concerne tout au plus l'un des éléments du mécanisme du sommeil et ne nous

éclaire pas sur sa cause. M. Errera a tenu à indiquer par sa communication ce qui lui paraît être le résultat direct du travail et le facteur primaire du sommeil; la rétraction des prolongements protoplasmatiques ne saurait être que secondaire.

M. Dallemagne se demande s'il est bien établi que les prolongements des neurones soient mobiles et rétractiles. La théorie du neurone elle-même est-elle définitive? Elle vient déplacer le siège principal d'activité de la cellule nerveuse et donner aux prolongements extra-cellulaires une importance exagérée. Certains procédés de préparation autres que la méthode de Golgi montrent cependant que les éléments nerveux sont continus.

Dans un autre ordre d'idées, M. Dallemagne désirerait savoir comment M. Errera explique, dans sa théorie, le sommeil hypnotique. Il lui paraît que ces deux modes de sommeil, hypnotique et naturel, ne sont point si différents l'un de l'autre. Il suffirait, pour qu'on pût les identifier, de démontrer l'existence d'un centre du sommeil que l'hypnotisme mettrait en activité. Il faut étudier le sommeil hypnotique pour mieux comprendre le sommeil naturel.

M. Errera, comme M. Dallemagne, croit que l'étude du sommeil hypnotique pourrait donner des indications intéressantes sur le mécanisme du sommeil naturel; seulement, il faut bien le dire, les phénomènes fondamentaux, caractéristiques du sommeil, sont plus frappants et mieux enchaînés dans le sommeil naturel. Il fait remarquer du reste à M. Dallemagne qu'il doit y avoir quelque différence entre ces deux modes de sommeil; il semble, en effet, qu'on puisse considérer

comme démontrée l'origine cérébrale du sommeil hypnotique, et cependant les animaux privés de cerveau, tels que GOLTZ en possède, tombent dans le sommeil à des heures déterminées.

M. DALLEMAGNE insiste sur l'existence probable d'un centre du sommeil. Dans le sommeil hypnotique, en effet, la volonté de dormir produit le sommeil; des phénomènes d'association y interviennent donc; l'idée de dormir s'associe à certaines manœuvres qui déterminent le sommeil. Or, ces associations se comprennent difficilement, s'il n'existe pas dans le cerveau un centre qui les coordonne.

M. ERRERA, même s'il admettait l'opinion de M. DALLEMAGNE, ne croirait cependant pas devoir donner au centre dont il parle la place prépondérante dans la production du sommeil. Il est évident que si l'on considère le sommeil comme la suppression du fonctionnement cortical, différents facteurs pourront le produire; mais ils ne détermineront pas l'apparition des phénomènes si caractéristiques et si nettement enchaînés du sommeil naturel vrai : le travail, la fatigue, le sommeil, la réparation et le réveil. C'est ce cycle qu'une bonne théorie du sommeil doit expliquer d'une manière satisfaisante.

M. DE BOECK ne songe pas à dénier aux agents chimiques la capacité de produire le sommeil, mais ce fait ne suffit pas à lui seul à l'expliquer. Les modifications circulatoires invoquées par M. le docteur HEGER sont nécessaires; sans elles, le sommeil, même lorsqu'il est d'origine chimique, est impossible. Qu'elles puissent à elles seules déterminer le sommeil,

M. De Boeck en trouve la preuve dans la communication même de M. Errera. L'application du drap mouillé tel qu'il est préconisé par Altdorfer, ou tel qu'il est employé communément en médecine, n'a certes pas pour effet de faire naître brusquement dans l'économie des substances ponogènes ou de les jeter en grandes quantités dans la circulation. Il détermine une dilatation générale des vaisseaux, l'anémie de l'écorce cérébrale, et par conséquent le sommeil.

La découverte du neurone paraît donner de la vraisemblance à la théorie de M. Errera; cependant M. De Boeck ne voit pas, si l'on admet cette opinion, la nécessité d'invoquer pour expliquer le sommeil la mobilité des prolongements protoplasmatiques; les modifications chimiques suffisent à elles seules. Si les éléments du système nerveux sont discontinus, si le cylindre lui-même est formé, comme M. Demoor l'a démontré, de segments juxtaposés de composition chimique différente, les transmissions nerveuses se feront, comme M. le docteur Heger l'a signalé dans une conférence à la Société de microscopie, et comme M. De Boeck a essayé de le démontrer plus tard, grâce à des phénomènes de tension superficielle aux points de contact des segments successifs du cylindre-axe ou des prolongements des neurones. Or, les phénomènes de tension superficielle sont essentiellement régis par la composition des surfaces de contact; la modification de cette composition pourrait donc suffire à elle seule à expliquer le sommeil, sans qu'il faille invoquer l'hypothèse de Duval.

M. De Boeck persiste cependant à croire à la théorie circulatoire du sommeil; celui-ci n'est possible que s'il y a dilatation générale des vaisseaux de l'organisme et anémie corticale.

M. Errera revient sur les arguments qu'il a invoqués en faveur de la théorie chimique du sommeil et rappelle les expériences de Binz et de Kochs : ceux-ci ont démontré l'action directe des alcaloïdes hypnogènes sur la substance grise de l'écorce. En outre, chez des animaux trépanés, Binz a pu constater que l'anémie est consécutive, et non antérieure au sommeil. La théorie circulatoire paraît donc en défaut, dans certains cas au moins; et elle est sûrement incomplète, puisqu'elle ne nous fait pas saisir le lien qui rattache le sommeil au travail.

M. Vanderkindere se demande si l'apparition périodique du sommeil n'est pas liée à certaines influences telluriques mal déterminées encore; les animaux se préparent à dormir aussitôt que la lumière solaire disparaît. D'autre part, M. Vanderkindere voudrait s'expliquer comment, si la théorie chimique du sommeil est vraie, un excès de travail et de fatigue puisse empêcher le sommeil.

M. Errera ne croit pas beaucoup à l'influence de facteurs telluriques sur la production du sommeil; les toxines qu'il invoque agissent en diminuant l'irritabilité nerveuse; tous les facteurs qui opéreront dans le même sens, contribueront à favoriser le sommeil : tels l'obscurité, le silence. C'est la raison de l'apparition du sommeil chez les animaux le soir, lorsque la nuit se fait. Mais un homme ou un animal qui travaillent la nuit dormiront le jour.

Quant au second point soulevé par M. Vanderkindere, M. Errera fait remarquer que les substances chimiques ont une action différente suivant la dose : le sublimé est l'agent antifermentescible par excellence;

cependant, à dose excessivement minime, c'est au contraire un stimulant de la fermentation : à la dose de deux millionièmes, il excite la vitalité de la levure de bière. De même, certaines substances (sulfate ferreux, nitrate d'urée) hâtent, retardent ou empêchent la coagulation de l'albumine suivant les proportions employées.

M. Houzé s'était, lors de la première communication de M. Errera, rallié à la théorie circulatoire défendue par M. Heger. Aujourd'hui, il a plus de tendance à admettre la théorie chimique. M. Errera a cité certaines substances ponogènes et démontré comment elles agissent. M. Houzé y ajoutera l'hydrate de chloral, dont l'action sur les éléments nerveux est évidente : il a été prouvé que ce sont d'abord les cellules corticales de la zone motrice qui subissent l'influence de ce corps.

Il est porté à considérer les modifications circulatoires qui se produisent dans le sommeil, comme des effets secondaires : sa conviction repose sur les recherches de Féré qui ont démontré que certaines substances hypnogènes se localisent dans les cellules de l'écorce sur lesquelles elles ont une action élective; lorsqu'on administre pendant quelque temps du bromure de potassium à un malade, on le retrouve en partie dans l'écorce cérébrale.

M. De Boeck ne considère pas les expériences de Binz comme concluantes; elles ont été faites dans de mauvaises conditions. Binz enlève des fragments de substance grise et les place dans des solutions diverses; il constate que leur aspect se modifie dans une solution de morphine. M. De Boeck se demande si le même

fait ne se produirait pas en plaçant les fragments de tissu nerveux dans une solution de strychnine dont l'action excitante est bien connue. Les expériences du même genre faites avec l'hydrate de chloral sont sans valeur; l'hydrate de chloral a une action caustique énergique sur les tissus organiques; il est employé communément comme moyen de fixation et de durcissement en histologie.

M. Errera fait observer que les expériences de Binz concordent avec celles de Rossbach et de Kochs. Il est très remarquable que le trouble particulier produit dans la substance grise par la morphine, le chloral, l'éther ne se manifeste nullement pour la caféine, la cocaïne, la pilocarpine.

M. Bergé, reprenant la remarque faite par M. Vanderkindere, croit impossible de nier l'influence du milieu dans la production du sommeil; l'activité au travail, le nombre d'heures de sommeil varient suivant les climats et avec la température.

LA FEUILLE

COMME PLAQUE PHOTOGRAPHIQUE (1)

Si l'on veut réduire la photographie à ce qui est indispensable, on sait que tout le système de lentilles peut être supprimé : une boîte à cirage percée d'une très petite ouverture suffit à constituer une chambre obscure, au fond de laquelle l'image des objets extérieurs se projette fidèlement. Les seuls éléments essentiels sont donc : un corps lumineux (soit par les rayons qu'il produit, soit par ceux qu'il reçoit), et une plaque sensible.

CLAUTRIAU (2) vient de vous montrer des clichés pour lesquels des êtres vivants formaient la source de lumière. Peut-être verrez-vous avec intérêt l'expérience en quelque sorte inverse : des êtres vivants constituant la plaque sensible, avec l'amidon comme produit de l'action photochimique et l'iode comme révélateur.

La réaction de l'iode sur l'amidon vous est bien connue, et il y a longtemps que les micrographes en font usage. C'est même là, je pense, la réaction qui forma le point de départ de la microchimie. Mais à côté de son emploi sous le microscope, cette réaction

(1) Résumé d'une conférence faite à la Société belge de microscopie, le 17 décembre 1894, publié dans le *Bulletin des séances* de cette Société, tome XXI, 1894-1895.

[(2) CLAUTRIAU, *Sur les Bactéries lumineuses* (*Bulletin de la Société royale des Sciences médicales et naturelles de Bruxelles*, 1896, page 11, et *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome III, page 197).]

permet aussi de s'assurer rapidement de la présence ou de l'absence d'amidon dans les tissus végétaux, examinés à l'œil nu. Et comme on peut alors embrasser d'un seul regard tout un organe ou même une plante entière, le traitement par l'iode fournira de précieux renseignements sur la distribution de l'amidon dans les végétaux.

C'est Böhm (1) qui, le premier, a tiré parti de cette méthode à la fois si simple et si démonstrative. Il opérait sur de jeunes plantes en germination : il les décolore d'abord par l'alcool, il les traite par la potasse, les lave à l'eau, à l'acide acétique, puis de nouveau à l'eau et, enfin, les plonge dans de la teinture d'iode diluée. L'intensité plus ou moins grande de la coloration violette dans les différents individus et dans leurs divers organes indique leur richesse en amidon. Quelques années plus tard, Hanstein (2) fait connaître un procédé analogue et l'applique à des plantules variées (*Urtica, Ipomoea, Raphanus,* etc.).

Sachs eut le mérite de se servir de cet essai par l'iode (« Jodprobe ») — comme il l'appelle — pour une vérification méthodique des principaux phénomènes relatifs à la formation et à la migration de l'amidon dans les plantes (3). Les feuilles, fraîchement récoltées, sont simplement bouillies pendant une dizaine de minutes dans l'eau; plongées ensuite

(1) J. Böhm, *Über Stärkebildung in den Keimblättern der Kresse, des Rettigs und des Leins* (*Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften,* Vienne, 1874, I, page 10 du tiré à part).

(2) Hanstein, dans *Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde,* Bonn, 16 juillet 1877.

(3) J. Sachs, *Ein Beitrag zur Kenntniss der Ernährungsthätigkeit der Blätter* (*Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg,* III, 1, 1884, page 2, ou *Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphysiologie,* I, page 355).

jusqu'à décoloration dans de l'alcool fort, que l'on peut, pour aller plus vite, chauffer au bain-marie à 50-60°; puis, déposées pendant deux ou trois heures dans de la teinture d'iode étendue d'eau.

Parfois il importe de rendre les feuilles tout à fait transparentes, afin de pouvoir éventuellement les examiner au microscope : on aura recours pour cela à « l'essai par le chloral iodé » (« Chloraljodprobe »), préconisé par SCHIMPER (1). Les feuilles décolorées par l'alcool sont laissées pendant douze à vingt-quatre heures dans une solution d'iode dans l'hydrate de chloral dilué (8 parties de chloral pour 5 d'eau).

Les spécimens que je vous présente reproduisent quelques-unes des expériences fondamentales; ils ont été traités suivant le procédé de SACHS (2).

On y voit que l'assimilation de l'anhydride carbonique et la synthèse primaire de l'amidon n'ont lieu qu'à la lumière et dans les parties vertes; tandis que la dissolution de cet amidon et sa migration des feuilles vers la tige se poursuivent jour et nuit. Les quantités d'amidon que l'on voit ainsi apparaître et disparaître sont très considérables, et encore savons-nous, grâce aux recherches de SCHIMPER et d'autres, que ce n'est point là la totalité des hydrates de carbone qui dérivent de la réduction de l'anhydride carbonique : en effet, une partie voyage sans cesse vers la tige, une partie reste dans la feuille sous une forme soluble, et c'est le surplus seulement — le trop-plein en quelque sorte — qui s'y dépose à l'état d'amidon.

Voici des feuilles de *Phytolacca esculenta* cueillies en

(1) A. F. W. SCHIMPER, *Über Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern* (*Botanische Zeitung*, 1885, colonne 739).

[(2) Voyez spécimens semblables dans le présent *Recueil* (*Botanique générale*, II, page 80).]

plein été, à différentes heures de la journée : à 5 heures du matin, presque pas d'amidon ; à 9 heures, quantité modérée, surtout vers la pointe de la feuille ; à 8 heures du soir, la feuille est littéralement bourrée d'amidon et, sauf les nervures, elle est colorée partout en violet-noir opaque, avec un reflet métallique. Le lendemain matin, presque tout l'amidon a disparu de la feuille.

Dans ces feuilles panachées de *Negundo fraxinifolium,* la coloration violette reproduit exactement le dessin des parties qui renfermaient de la chlorophylle : les parties qui étaient blanches dans la feuille vivante se montrent toutes privées d'amidon dans l'essai par l'iode.

Enfin, j'avais privé d'amidon cette feuille de Haricot, en mettant la plante pendant quelques jours à l'obscurité. Puis, tout en laissant la feuille attachée à la tige, je l'ai enveloppée soigneusement de papier d'étain dans lequel j'avais découpé les quatre lettres du mot « Iode », et le tout fut exposé au soleil. Après deux jours, la feuille fut coupée. Traitée par l'eau bouillante et l'alcool, elle devint complètement incolore et ne semblait rien présenter de remarquable. Mais les quatre lettres étaient reproduites, sous forme d'amidon, et, pour « développer » cette image écrite par le soleil dans les tissus vivants, il a suffi de plonger la feuille dans une solution d'iode. Après avoir été séchée ensuite au moyen de papier à filtrer, elle conserve son iode pendant des années.

Les quatre lettres, comme vous voyez, sont parfaitement lisibles. Mais c'est là, en somme, une image peu compliquée. GARDINER (1) est allé plus loin.

(1) W. GARDINER, *A new application of photography to the demonstration of certain physiological processes in plants* (*Annals of Botany,* novembre 1889, page 163).

Au lieu d'un simple papier d'étain découpé, il a appliqué sur une feuille, privée d'amidon, un négatif photographique : les rayons solaires provoquent la formation d'amidon, aux divers points de la feuille, en raison inverse de l'opacité du cliché. L'iode fera donc apparaître sur la feuille une épreuve positive du cliché employé. GARDINER ajoute que l'on pourrait rendre cette « épreuve » plus durable en traitant par un sel soluble d'argent qui formerait de l'iodure d'argent partout où il y avait de l'iodure d'amidon.

Une application plus intéressante encore de l'enregistrement photographique par la feuille a été indiquée, il y a peu d'années, par TIMIRIAZEFF (1). Afin de démontrer que les rayons absorbés par la chlorophylle sont aussi ceux qui produisent la décomposition de l'anhydride carbonique, TIMIRIAZEFF projette, au moyen d'un héliostat, d'une lentille achromatique et d'un prisme, un spectre solaire sur une feuille privée d'amidon. Après une exposition de trois à six heures, la feuille est détachée et soumise à l'essai par l'iode : l'amidon s'est formé aux endroits correspondant aux bandes d'absorption et le spectre de la chlorophylle s'est inscrit, en quelque sorte, de lui-même dans le tissu de la feuille.

Au lieu de prendre la production d'amidon comme indice de l'action lumineuse, on peut aussi laisser des organismes mobiles s'accumuler aux endroits les plus éclairés. Des zoospores vertes ont pu servir à GARDINER (2) à obtenir ainsi la reproduction positive

(1) C. TIMIRIAZEFF, *Enregistrement photographique de la fonction chlorophyllienne par la plante vivante* (*Comptes rendus*, 1890, 1er semestre, tome CX, page 1346).

(2) *Loc. cit.*

des négatifs photographiques ; et vous connaissez tous les recherches classiques D'ENGELMANN, dans lesquelles la lumière attirait indirectement des bactéries, grâce à l'oxygène dégagé sous son influence par les cellules vertes.

Je n'insiste pas, car ce serait sortir de notre sujet et j'en ai dit assez pour vous montrer que la feuille mérite une place honorable, dans les traités de photographie, à côté — et, à certains égards, au-dessus — de la gélatine au bromure d'argent.

HÉRÉDITÉ D'UN CARACTÈRE ACQUIS

CHEZ UN

CHAMPIGNON PLURICELLULAIRE

d'après les expériences de M. le docteur HUNGER,
faites à l'Institut botanique de Bruxelles (1)

Admise par LAMARCK comme le facteur principal de l'évolution des organismes, acceptée par DARWIN comme un mode accessoire auprès de la sélection naturelle, la transmission héréditaire des caractères acquis est, on le sait, rejetée d'une manière complète par WEISMANN et par ceux qui forment, avec lui, ce que l'on a appelé l'école néo-darwinienne.

Il est inutile d'insister sur l'importance de ce problème qui touche non seulement à la genèse des espèces, mais encore, par la question de l'influence de l'exercice, à toute l'éducation, et, par celle de l'influence des milieux, à toute l'hygiène.

I

La théorie de WEISMANN repose, en dernière analyse, sur la différence entre les cellules reproduc-

(1) Ce travail a paru dans le *Bulletin de l'Académie royale de Belgique* (Classe des Sciences, 3e série, tome XXXVII, 1899, pages 81 et 102). Il est reproduit dans le *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome IV. Dans les résumés qui ont été publiés dans *Botanische Zeitung*, 1899, colonnes 168 et 169, et dans *Natural Science*, 1899, pages 90 et 91, des objections avaient été formulées contre la portée des conclusions que l'auteur tire des expériences de M. HUNGER. LÉO ERRERA avait l'intention de répondre à ces critiques lors d'une nouvelle édition du travail. Mais les notes qu'il a laissées sont trop peu complètes pour être rédigées.

trices et les autres cellules corporelles : celles-là forment le substratum immortel de l'espèce, celles-ci n'en sont que l'incarnation éphémère; les variations de celles-là se transmettraient aux descendants, les modifications de celles-ci ne survivraient pas à l'individu (1).

Une telle distinction est relativement facile chez les animaux supérieurs ; elle l'est moins chez les animaux inférieurs ; moins encore chez beaucoup de plantes : DE VRIES en a déjà fait la remarque. Aussi n'est-il pas étonnant que ce soit parmi les botanistes que les idées de WEISMANN ont rencontré l'opposition la plus tenace (2).

Du reste, WEISMANN admet lui-même, dans ses écrits plus récents, certains tempéraments à cette antithèse entre les deux sortes de cellules : les « germinatives » (reproductrices) et les « somatiques » (corporelles). « Lors de la division de l'œuf, dit-il, l'idioplasme germinatif ne se transforme pas tout entier en idioplasme somatique : une très petite portion demeure inaltérée et est transmise à l'une ou à l'autre des cellules-filles, mélangée à l'idioplasme de son noyau, mais inactive, pour traverser de la même manière une série plus ou moins longue de cellules, jusqu'à ce que cette portion arrive enfin aux

(1) Les citations se référeront presque exclusivement à la collection, publiée en anglais, des principaux travaux de WEISMANN sur l'hérédité, savoir : *Essays upon Heredity and kindred biological problems*, Oxford, 1889. — *Idem*, volume II, Oxford, 1892. — *The Germ-plasm*, Londres, 1893.

(2) Outre DE VRIES, *Intracellulare Pangenesis*, Jena, 1889, on peut citer : VINES, *Lectures on the Physiology of Plants*, Cambridge, 1886, page 660 et suivantes ; IDEM, *Nature*, 24 octobre 1889, page 621 et suivantes ; DETMER, *Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie*, volume XLI, 1887, page 203 ; HOFFMANN, *Biologisches Centralblatt*, VII, 1er janvier 1888 ; KLEBS, *Über das Verhältniss des männlichen und weiblichen Geschlechts in der Natur*, Jena, 1894, pages 29 et 30 ; PFEFFER, *Pflanzenphysiologie*, 2e édition, I, 1897, page 49.

cellules auxquelles elle imprime le caractère de cellules reproductrices et où elle redevient active » (1).

Cette notion permet d'expliquer que les cellules destinées à former plus tard, directement ou indirectement, des cellules reproductrices, participent déjà aux propriétés de celles-ci; mais il n'en reste pas moins difficile de comprendre que des cellules absolument étrangères à la reproduction dans le cours normal des choses, puissent, en cas de besoin, donner naissance à un nouvel individu. Or, c'est ce qu'il est aisé d'observer, aussi bien chez les Phanérogames que chez les Mousses, les Champignons et d'autres plantes inférieures. Tel est le cas, par exemple, pour les cellules de beaucoup de feuilles adultes (*Hyacinthus, Begonia,* etc., etc.) (2), pour les boutures de racines, etc. VÖCHTING, à qui nous devons tant d'expériences intéressantes sur cette matière, résume ses recherches en disant (3) que tout fragment, même fort petit, de racine, de tige ou de feuille peut, dans des conditions convenables, reconstituer la plante. Et l'inverse se présente aussi : des cellules reproductrices asexuelles ou même sexuelles peuvent être forcées expérimentalement à reprendre la vie végétative et à redevenir simplement somatiques (4).

La conclusion paraît évidente : chez un très grand nombre de végétaux, la différence entre les cellules somatiques et reproductrices est loin d'être abso-

(1) WEISMANN, *Tages-Probleme* (*Biologisches Centralblatt*, 1er mars 1890, page 11), ou *Essays*, volume II, 1892, page 84.

(2) BEIJERINCK, *Over het ontstaan van knoppen en wortels uit bladen* (*Nederlandsch kruidkundig Archief*, 2, III, 1882, page 452).

(3) VÖCHTING, *Über Organbildung im Pflanzenreich*, I, 1878, page 251.

(4) Voir, par exemple, les expériences de KLEBS, *Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen*, Jena, 1896, page 247 et *passim*.

lue (1). Croissance, propagation végétative, reproduction asexuelle, reproduction sexuelle sont des phénomènes qui se rattachent intimement l'un à l'autre.

II

Chez les organismes unicellulaires, la même cellule remplissant toutes les fonctions est à la fois « somatique » et « reproductrice ». Lorsqu'elle se divise en deux, les modifications qu'elle a subies pourront naturellement se transmettre aux deux individus ainsi constitués. Nous possédons aujourd'hui plusieurs exemples certains de cette sorte d'hérédité chez des êtres unicellulaires : je me borne à en rappeler quelques-uns.

Après les travaux mémorables de Pasteur sur l'atténuation expérimentale de la virulence chez le Bacille du charbon et chez celui du choléra des poules, on réussit à modifier, soit temporairement, soit définitivement, un grand nombre de micro-organismes. Par la culture à haute température (42-43°), le *Bacillus Anthracis* perd peu à peu sa virulence et ne forme plus de spores; de ces deux changements, le premier se conserve assez fidèlement lorsque le Bacille est maintenant ensemencé à une température plus favorable (30°), le second ne persiste pas (2). Mais on peut le rendre permanent en cultivant le Bacille, comme

(1) Voir, pour le règne animal, O. Hertwig, *Zeit- und Streitfragen der Biologie*. I. *Präformation oder Epigenese*, 1894, page 79.

(2) Pasteur, Chamberland et Roux, *Comptes rendus*, tome XCII, 1881, page 429. — Voir aussi Phisalix, *Comptes rendus*, tome CXIV, 1892, page 684, et tome CXV, 1892, page 253.

l'ont fait CHAMBERLAND ET ROUX (1), en présence de petites quantités d'acide phénique ou de bichromate de potasse : il reste désormais « asporogène », même dans les conditions de culture les plus propices à la production des spores. Quelques années plus tard, en 1887, SCHOTTELIUS (2) montre qu'une quinzaine de cultures successives à 38-39° font perdre, d'une façon presque générale, au *Micrococcus prodigiosus* la faculté de fabriquer sa matière colorante rouge; et KOSSIAKOFF (3) établit, la même année, qu'on peut accoutumer héréditairement divers microbes à supporter des doses croissantes d'antiseptiques. Puis viennent les recherches de WASSERZUG : suppression héréditaire de la fonction chromogène chez le *Bacillus pyocyaneus,* sous l'influence combinée du temps et d'antiseptiques faibles (4); résultat semblable pour le *Micrococcus prodigiosus* (5); passage durable, chez ce dernier microbe, en quelques cultures, de la forme microcoque à la forme bacillaire, par l'effet d'un chauffage intermittent à 50° et d'un milieu acide; constatations analogues pour le Bacille du lait bleu

(1) CHAMBERLAND ET ROUX, *Comptes rendus,* tome XCVI, 1883, page 1088; ROUX, *Bactéridie charbonneuse asporogène* (*Annales de l'Institut Pasteur,* tome IV, 1890, page 25). — En contestant qu'il s'agisse ici d'une race nouvelle, asporogène, ALFRED FISCHER (*Untersuchungen über Bakterien,* dans *Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik,* XXVII, 1894, pages 58-60, et *Vorlesungen über Bakterien,* 1897, page 27) n'a pas assez tenu compte de la différence entre l'effet d'une haute température et celui d'un antiseptique sur le *Bacillus Anthracis :* celui-là est passager, mais celui-ci est durable.

(2) SCHOTTELIUS, *Biologische Untersuchungen über den* Micrococcus prodigiosus (*Festschrift für* A. VON KÖLLIKER, Leipzig, 1887).

(3) KOSSIAKOFF, *De la propriété que possèdent les microbes de s'accommoder aux milieux antiseptiques* (*Annales de l'Institut Pasteur,* tome I, octobre 1887, page 465).

(4) WASSERZUG, *Sur la formation de la matière colorante chez le* Bacillus pyocyaneus (*Annales de l'Institut Pasteur,* tome I, décembre 1887, page 590).

(5) IDEM, *Variations de forme chez les Bactéries* (IBIDEM, tome II, 1888, page 79).

(*Bacillus cyanogenus*) et pour un Bacille vert, tandis que le Bacille du charbon, dans les mêmes conditions, forme, au contraire, des bâtonnets courts, pareils à ceux qu'on observe dans le sang charbonneux (1).

L'influence durable de la lumière sur la fonction chromogène a été mise en évidence par LAURENT (2), après qu'ARLOING (3) eut montré l'action atténuatrice qu'elle exerce sur la virulence du Bacille du charbon. D'après LAURENT, les cultures du *Micrococcus prodigiosus* et du Bacille rouge de Kiel se décolorent quand on les expose à la radiation solaire; cette modification, passagère chez le premier, est permanente chez le second, du moins dans certaines conditions.

Il y a lieu de citer encore, dans cette énumération très incomplète, les recherches de GESSARD, qui obtient, par l'influence des milieux, quatre races du *Bacillus pyocyaneus* : l'une produisant le pigment bleu (pyocyanine) seul, l'autre le pigment vert fluorescent seul, la troisième donnant à la fois pyocyanine et fluorescence, et la quatrième ne donnant ni pyocyanine ni fluorescence (4); résultats bientôt étendus par l'auteur au microbe du lait bleu (5). Enfin, l'on sait que tout récemment VINCENT, pour le règne animal, LAURENT, pour les plantes, ont démontré que l'on peut, par une « éducation » convenable, rendre patho-

(1) WASSERZUG, *Variations durables de la forme et de la fonction chez les Bactéries* (*Annales de l'Institut Pasteur*, tome II, 1888, page 155).

(2) ÉM. LAURENT, *Étude sur la variabilité du Bacille rouge de Kiel* (*Annales de l'Institut Pasteur*, tome IV, 1890, page 465 [et *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome III, page 127])

(3) ARLOING, *Archives de physiologie normale et pathologique*, 1886, page 232.

(4) GESSARD, *Des races du Bacille pyocyanique* (*Annales de l'Institut Pasteur*, tome V, 1891, page 70).

(5) IDEM, *Fonctions et races du Bacille cyanogène* (*Annales de l'Institut Pasteur*, tome V, 1891, page 741).

gènes des microbes tout à fait inoffensifs (1) : c'est précisément la contre-partie de l'atténuation des virus.

Les Bactéries ne sont pas seules, parmi les êtres unicellulaires, à présenter de ces modifications acquises qui deviennent héréditaires; les Levures et même des cellules isolées appartenant à des animaux supérieurs, telles que les leucocytes, en offrent aussi des exemples.

Pour les Levures (*Saccharomyces*), nous savons notamment par les expériences de LAURENT, exécutées en partie dans mon laboratoire, que ces Champignons peuvent être héréditairement accoutumés à des doses croissantes, soit d'alcool, soit de matières salines (2). De même, les leucocytes des animaux immunisés — comme il résulte des recherches de MASSART, faites aussi en partie à l'Institut botanique de Bruxelles — transmettent à leurs descendants les propriétés qu'ils ont acquises (3).

III

Plusieurs des organismes dont nous venons de parler sont des êtres aspores par nature ou rendus asporogènes par culture : ils ne forment pas autre chose que des cellules végétatives. Cette absence de

(1) VINCENT, *Sur les aptitudes pathogènes des microbes saprophytes* (*Annales de l'Institut Pasteur*, tome XII, décembre 1898). — LAURENT, *Recherches expérimentales sur les maladies des plantes* (IBIDEM, tome XIII, janvier 1899).

(2) LAURENT, *Recherches physiologiques sur les Levures* (*Mémoires de la Société belge de microscopie*, tome XIV, 1890, pages 77 et 87 [et *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome I, page 135]).

(3) MASSART, *Le chimiotaxisme des leucocytes et l'immunité*. (*Annales de l'Institut Pasteur*, tome VI, 1892, page 324 [et *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome IV]). — Voir aussi Mlle ÉVERARD, DEMOOR ET MASSART, *Sur les modifications des leucocytes dans l'infection et dans l'immunisation* (*Annales de l'Institut Pasteur*, tome VII, 1893, page 184).

spores caractérisées, que l'on constate chez bon nombre d'unicellulaires, se présente également, soit d'une façon permanente (*Oscillaria,* etc.), soit à certains états de développement (*Sclerotinia,* etc.), chez divers végétaux pluricellulaires; ici encore, il n'y a aucune difficulté à admettre la transmission des propriétés acquises, et l'accroissement graduel de la virulence dans les mycéliums de *Sclerotinia* en offre un bon exemple (1).

Mais il ne faudrait pas croire que la formation de spores soit un obstacle à une telle transmission. Ainsi, le *Bacillus mesentericus vulgatus,* rendu peu à peu virulent, transmet sa virulence par ses spores (2). Néanmoins, comme dans ces organismes peu différenciés ce sont les mêmes cellules qui, après avoir été purement végétatives, deviennent reproductrices et prennent les caractères de spores, ces faits seraient sans doute récusés par WEISMANN et ses partisans.

IV

Il importe donc d'examiner ce qui a lieu pour des organismes différenciés, sporifères (3), chez lesquels il y a des cellules reproductrices et des cellules corporelles parfaitement distinctes.

Il convient aussi de bien s'entendre sur le sens de l'expression : caractères acquis. Avec WEISMANN, je ne désigne par là que les caractères imposés par

(1) LAURENT, *Recherches expérimentales sur les maladies des plantes* (*Annales de l'Institut Pasteur,* tome XIII, 1899, page 43).

(2) VINCENT, *loc. cit.*, page 793.

(3) Les termes : Aspores, Sporifères, d'après mon *Sommaire du Cours de botanique,* 1898, page 34.

les facteurs externes ou, comme il le dit, « les caractères qui ne sont pas préformés dans le germe, mais qui proviennent d'influences spéciales affectant le corps ou certaines de ses parties » (1).

Je me trouve, par conséquent, d'accord avec l'éminent naturaliste de Fribourg-en-Brisgau pour ne point faire rentrer dans cette catégorie les variations qui se produisent, à la longue, sous l'action indirecte des conditions ambiantes. Ainsi, lorsque les plantes, après plusieurs générations de culture sous des conditions nouvelles, se mettent à varier en tous sens dans leurs semis, ces variations, partiellement héréditaires, ne sont pas un effet direct du milieu sur le végétal, mais un résultat secondaire, indirect, du changement éprouvé par les cellules reproductrices; ce ne sont point des caractères acquis, au sens véritable du mot.

Nous voici maintenant en mesure de formuler nettement le problème :

Une modification acquise par les cellules corporelles d'un être différencié peut-elle retentir sur les cellules reproductrices de telle manière qu'elle se transmette d'une façon plus ou moins complète, par celles-ci, à la génération suivante ?

Cette transmission ne se fait certainement pas dans tous les cas, et WEISMANN a eu l'incontestable mérite de montrer que la plupart des exemples qu'on croyait pouvoir en citer ne résistent pas à un examen critique. Non seulement il n'a laissé debout aucune des prétendues preuves de l'hérédité des blessures et mutilations (2), mais il assure qu'il n'existe aucun fait établissant la transmission d'une modification acquise

(1) WEISMANN, *Germ-plasm*, 1893, page 392.
(2) IDEM, *Essays*, I, 1889, page 419.

quelconque. Des trois sortes de modifications que le corps peut subir, d'après lui : les blessures, les variations fonctionnelles et celles qui dépendent des influences du milieu, — aucune ne se communique aux cellules reproductrices et ne devient transmissible (1).

Il va plus loin : il ne se contente pas de regarder une telle transmission comme non prouvée, il la déclare *a priori* invraisemblable et même impossible (2). C'est beaucoup dire. Car WEISMANN admet que le milieu peut provoquer des variations dans les cellules reproductrices et que ces variations-là se transmettent — et même, selon lui, se transmettent seules — héréditairement. Or, il est clair que le mot milieu doit être pris ici dans son sens le plus large; on ne voit donc pas pourquoi les cellules corporelles, qui font assurément partie du milieu (*lato sensu*) pour les cellules reproductrices, ne pourraient point, par leurs modifications, en amener également dans celles-ci.

Mais, répond WEISMANN (3), combien il est improbable que le changement invisible provoqué dans le plasma germinatif par une altération des cellules somatiques, soit précisément celui qui convienne pour faire réapparaître la même altération des cellules somatiques dans la génération suivante !

En vérité, au moins dans certains cas, cela n'est pas aussi invraisemblable qu'on peut le croire d'abord. S'agit-il, par exemple, d'un ensemble de modifications présentées par les cellules corporelles en réponse à de nouvelles conditions de température, de pression, de

(1) WEISMANN, *Germ-plasm*, pages 392, 393 et 395.
(2) IDEM, *Essays*, I, pages 80 et 387 ; IDEM, *Germ-plasm*, pages 392 et 393
(3) IDEM, *Germ-plasm*, page 393.

milieu nutritif, etc., on conçoit sans trop de peine, à ce qu'il me paraît, que le soma ainsi modifié donne en quelque sorte son empreinte aux germes qu'il va produire, et que ceux-ci, à leur tour, transmettent cette empreinte, en tout ou en partie, à la génération suivante.

V

Connaît-on des cas de ce genre ? Jusqu'ici, assurément, pas beaucoup.

Le *Lotus corniculatus crassifolius*, forme xérophile, à feuilles charnues, que l'on trouve dans nos dunes, semé à Bruxelles, retourne au type dès la première génération. Il en est de même pour le *Matricaria maritima*, qui redevient *Matricaria inodora* dès qu'on l'a semé à Paris (1).

En revanche, il y a une certaine transmission de la précocité acquise peu à peu par les plantes dans le Nord, sur laquelle nous possédons, grâce à SCHÜBELER, des renseignements précis. L'Orge (*Hordeum vulgare*), par exemple, à qui il faut cent dix-sept jours pour mûrir dans le midi de la Norvège (59°47′ lat. N.), par 11°7 de température moyenne de mai à août, n'en emploie plus que cent un à cent deux à Bodö (67°17′), avec une température moyenne de 9°7 ; quatre-vingt-dix-huit à Strand (68°46′) et à Skibotten (69°28′), par une chaleur de 10°8 en moyenne ; enfin, dans le Syd-Varanger, au 70e degré de latitude environ, soixante-seize jours lui suffisent par une température

(1) MASSART, *La biologie de la végétation sur le littoral belge* (*Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique*, tome XXXII, 1893, I, page 40 [et *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome IV]).

moyenne de 11°. Cette accélération est due sans doute, pour la plus grande part, à la clarté continue des étés circumpolaires (1), et ce qu'il y a d'intéressant, c'est qu'elle se conserve pendant trois ou quatre générations, si l'on sème maintenant dans un lieu plus méridional les graines graduellement acclimatées au Nord. De l'Orge provenant d'Alten, tout au nord de la Norvège (70° lat. N.), n'a employé que cinquante-cinq jours à Christiania, par une température moyenne de 14°1, depuis le moment des semailles jusqu'à celui de la maturité complète, alors que la durée normale pour Christiania est de quatre-vingt-cinq à quatre-vingt-dix jours (2). Il s'est donc formé, au moins temporairement, par la culture dans le Nord, une sorte de race physiologique, selon le mot d'ALPHONSE DE CANDOLLE.

Comme ces faits paraissent n'être pas extrêmement connus des naturalistes, il est utile d'ajouter qu'ils ont été confirmés par A. DE CANDOLLE, par WITTMACK (3) et d'autres. Ce dernier a constaté, par exemple, que du Blé d'été (*Triticum vulgare ferrugineum*) provenant originairement de Stockholm et cultivé depuis deux ans seulement à Umeå, en Suède, vers le 64e parallèle, y a mûri en quatre-vingt-dix jours en moyenne.

[(1) Elle est due aussi, d'après LEMSTRÖM (*De l'influence de l'électricité sur la végétation*, traduction de VAN BIERVLIET, Louvain, 1902), à l'action favorable de l'électricité atmosphérique, plus intense dans les hautes latitudes.]

(2) SCHÜBELER, *Die Pflanzenwelt Norwegens*, I, 1873, page 52 et suivantes. — Les chiffres ci-dessus sont, en partie, des moyennes que j'ai calculées (*Revue de l'horticulture belge et étrangère*, 1877). [Voir à ce sujet, LÉO ERRERA, *L'Agriculture et l'Horticulture en Norvège*, dans *Botanique générale*, I, page 19 et suivantes, du présent *Recueil*.]

(3) A. DE CANDOLLE, *Comptes rendus*, 7 juin 1875; IDEM, *Sur l'existence des races physiologiques dans les espèces végétales à l'état spontané* (*Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, 15 janvier 1878). — WITTMACK, *Botanische Zeitung*, 1876, page 823; IDEM, *Landwirtschaftliche Jahrbücher*, tome V.

Transporté plus au sud, à Zubikowo, en Posnanie, il n'y a mis que quatre-vingt-onze jours à mûrir, alors qu'une variété analogue (*Triticum vulgare lutescens*), mais issue de graines récoltées en Allemagne, employait en cet endroit onze jours de plus (1).

Parmi les données, peu nombreuses jusqu'à présent, qui indiquent clairement une transmission des caractères acquis chez des organismes pluricellulaires, nous devons mentionner encore les expériences récentes de JULIEN RAY (2). Elles ont porté surtout sur le *Sterigmatocystis alba*.

Les conidies de ce Champignon (provenant d'un fromage moisi), semées dans une solution de glycose, s'y développent lentement : les fructifications n'y apparaissent qu'au bout de quinze jours. Si l'on répète maintenant la culture en solution de glycose, on voit le développement s'accélérer de génération en génération, comme si l'organisme s'adaptait à ce nouveau milieu : à la sixième culture, on constate déjà, après huit jours, un développement plus abondant que, tantôt, après quinze. La durée de développement décroît encore un peu pendant quelques générations et atteint alors un état stable. En même temps, les caractères morphologiques du *Sterigmatocystis* se sont progressivement modifiés, et cela dans l'ordre suivant : le pied de l'appareil conidifère devient moins distinct,

[(1) On peut citer aussi la transmission héréditaire de l'augmentation du nombre des carpelles chez *Papaver somniferum polycephalum*, « acquise », suivant DE VRIES, sous l'influence des conditions extérieures, en particulier de la bonne nutrition pendant les sept premières semaines de la vie de la jeune plante. (H. DE VRIES, *Ernährung und Zuchtwahl*, dans *Biologisches Centralblatt*, 1900, page 194.) Il va jusqu'à nier toute distinction entre les caractères acquis et non acquis.]

(2) J. RAY, *Variations des Champignons inférieurs sous l'influence du milieu* (*Revue générale de botanique*, tome IX, 1897, page 193 et suivantes).

la tête renflée de cet appareil s'efface, puis les basides et les stérigmates se différencient de moins en moins; à la fin, il ne reste plus qu'un petit pinceau de chapelets de conidies insérés au sommet d'un filament dressé. L'aspect est devenu celui d'un *Penicillium*. A mesure que le *Sterigmatocystis alba* s'adapte au liquide sucré et s'y modifie, il s'est « désadapté » par rapport au milieu initial : il s'y développe moins vite que primitivement, mais, en quelques générations, les conidies peuvent être réadaptées à la croissance sur le fromage.

Pour des milieux autres que la glycose : lévulose, saccharose, amidon; carotte, pomme de terre, gélatine; solutions de sels minéraux, on arrive à des constatations pareilles. Il en est aussi de même pour d'autres espèces de *Sterigmatocystis*, d'*Aspergillus*, de *Penicillium* que Ray a étudiées d'une façon moins détaillée.

VI

Une observation, mentionnée en passant par Eschenhagen dans son intéressant travail relatif à l'influence des solutions concentrées sur la croissance des moisissures, m'a paru prêter à des expériences précises et, en quelque sorte, numériques : c'est l'étude que le docteur Hunger, d'Amsterdam, a entreprise sur mon conseil et dont je vais indiquer les résultats.

Voici d'abord le passage d'Eschenhagen auquel je fais allusion (1) : « Il est surprenant de constater que les conidies qui, sous les conditions ordinaires, ne

(1) F. Eschenhagen, *Über den Einfluss von Lösungen verschiedener Concentration auf das Wachstum von Schimmelpilzen*, Stolp, 1889, page 46.

germent plus dans certaines concentrations, peuvent dépasser ces limites lorsque la plante mère elle-même a été accoutumée à des solutions fortes. La raison doit sans doute en être cherchée dans une notable accumulation, à l'intérieur de ces conidies (comme dans les cellules végétatives), de substances osmotiques qui ont été capables de produire un excès suffisant de turgescence. »

*
* *

Les expériences de HUNGER ont porté sur l'un des Champignons considérés par ESCHENHAGEN, l'*Aspergillus niger* (= *Sterigmatocystis nigra*), dont la culture est si bien connue grâce au travail classique de RAULIN (1).

Les cultures ont été faites à l'étuve Roux, à une température constante de 35° C., dans des matras Pasteur qui ne recevaient toujours que 25 centimètres cubes de liquide. Le liquide de culture était celui de l'essai type de RAULIN (2), auquel on ajoutait des quantités variables de chlorure de sodium : ce sel n'exerce aucun rôle nutritif et intervient essentiellement en augmentant le pouvoir osmotique de la solution.

Dans ce qui va suivre, les concentrations sont toujours comptées pour un volume total de 100 centimètres cubes, c'est-à-dire que l'expression : « solution Raulin + 10 % NaCl », signifie que l'on dissout 10 grammes de NaCl dans une quantité de liquide

(1) J. RAULIN, *Études chimiques sur la végétation* (*Annales des Sciences naturelles, Botanique*, 5e série, tome II, 1870).

(2) RAULIN, *op. cit.*, page 115 du tiré à part.

Raulin telle que le volume total (solution + sel) forme 100 centimètres cubes.

Il faut noter tout d'abord que l'*Aspergillus* (par suite, sans doute, du milieu alimentaire et de la température très favorables) a supporté, en général, des solutions sensiblement plus concentrées que les maxima indiqués par ESCHENHAGEN (1). Ainsi la germination s'est encore faite dans la solution RAULIN additionnée de l'une des substances suivantes :

26 %	$NaNO^3$
25 %	KNO^3
20 %	NaCl
19 %	$CaCl^2$
120 %	glycose.

Seulement, le début de la germination tarde d'autant plus à se produire que le liquide est plus concentré; ce point et divers autres seront exposés ultérieurement en détail par HUNGER. Il nous suffit de savoir ici que, pour comparer l'acclimatation plus ou moins parfaite des conidies d'*Aspergillus niger* à telle ou telle solution, il faut donc tenir compte du temps au bout duquel la germination se fait.

Afin de ne pas prolonger les expériences outre mesure, on a toujours pris pour terme de comparaison l'état des cultures après cinq jours; de cette manière, les résultats se présentent avec une grande régularité. Lorsqu'on fixe ainsi un délai assez court, les limites maxima de concentration sont naturellement un peu moindres que les maxima absolus, les germinations

(1) Il est vrai que les concentrations d'ESCHENHAGEN (*op. cit.*, page 7) sont en pour-cent du poids, se rapportant par conséquent à 100 grammes de solution et non à 100 centimètres cubes. Mais, même en tenant compte de cette différence, ce qui est dit ci-dessus demeure exact.

dans les solutions les plus concentrées ne se faisant souvent qu'après huit, dix jours et même davantage.

En second lieu, on ne doit pas oublier que, dans les solutions les plus concentrées où il germe encore, l'*Aspergillus* ne fructifie plus. Il y a un écart considérable entre la solution limite pour sa germination et celle pour sa sporification : si l'on veut obtenir de bonnes conidies, il ne faut pas dépasser la solution Raulin + 6 % NaCl.

*
* *

Comme point de départ pour les expériences sur l'hérédité, on s'est servi de conidies d'*Aspergillus niger* de trois sortes, toutes, néanmoins, issues d'une même culture initiale :

Conidies A : provenant d'une culture sur solution type de Raulin;

Conidies B : provenant d'une culture ayant vécu pendant une génération sur solution Raulin + 6 % NaCl ;

Conidies C : provenant d'une culture ayant vécu pendant deux générations successives sur solution Raulin + 6 % NaCl.

Expérience I. — Cultures sur solution Raulin + 18.4; idem + 18.8; idem + 19.2; idem + 19.6; idem + 20 % NaCl.

Conidies A : Après cinq jours, aucune germination, sur aucun de ces liquides.

Conidies B : Après cinq jours, germination rare et faible, visible au microscope, sur Raulin + 18.4 %.

Conidies C : Après cinq jours, germination générale et nette, visible à l'œil nu, sur Raulin + 18.4 %.

Dans toutes les autres concentrations, les conidies ne présentent aucun changement en cinq jours.

Expérience II. — Cultures sur solution Raulin + 6 % NaCl.

Germination : Les trois sortes de conidies germent, mais A plus faiblement que B, et celles-ci un peu plus faiblement que C, dont la germination est la plus vigoureuse.

Sporification :

A, en cinq jours ;
B, en quatre jours ;
C, en trois jours trois quarts.

Expérience III. — Cultures sur solution Raulin, sans addition.

Germination : Les trois sortes de conidies germent d'une manière assez semblable, cependant A plus vigoureusement que B et C.

Sporification :

A, en quatre jours.
B et C, en cinq jours (C produit le moins de conidies).

Nous appellerons respectivement A', B' et C', les conidies ainsi produites par A, B et C. On remarquera que A', B', C' proviennent de plantes-mères ayant poussé dans les mêmes conditions et ne diffèrent que par le milieu où poussèrent leurs grand'mères.

Expérience IV. — Cultures sur solution Raulin + 18.4; idem + 18.8; idem + 19.2; idem + 19.6; idem + 20 % NaCl.

Conidies A' : Après cinq jours, aucune germination.

Conidies B' : Après cinq jours, germination très rare et faible, visible seulement au microscope, sur Raulin + 18.4 %.

Conidies C' : Après cinq jours, germination faible, mais visible à l'œil nu, sur Raulin + 18.4 %.

Dans toutes les autres concentrations, les conidies ne présentent aucun changement en cinq jours.

*
* *

On déduit de là que :

1° Les conidies d'*Aspergillus niger* sont adaptées à la concentration du milieu où a vécu l'individu qui les porte; cet effet est encore plus marqué après deux générations passées dans un milieu donné (Expériences I et II) ;

2° Il s'agit d'une véritable adaptation et non pas simplement d'un accroissement de vigueur chez les conidies provenant des liquides concentrés, car ces mêmes conidies germent moins rapidement et donnent des plantes moins vigoureuses que les conidies normales lorsqu'on les sème de nouveau sur le milieu type : en s'adaptant aux liquides concentrés, elles se sont désadaptées du liquide normal (Expérience III);

3° Une génération passée sur le liquide normal n'efface pas l'influence d'une ou de deux générations antérieures passées sur un liquide plus concentré (Expérience IV).

Tous ces résultats concordent : ils montrent une légère, mais incontestable transmission héréditaire de l'adaptation au milieu. Nous avons

ainsi la preuve de l'hérédité d'un « caractère acquis », au sens indiqué plus haut, c'est-à-dire — pour rappeler les termes de WEISMANN — d'un caractère qui n'est pas préformé dans le germe, mais qui provient d'influences spéciales affectant le corps ou certaines de ses parties.

Il ne s'agit pas ici de variations quelconques, provoquées dans les cellules reproductrices qui se sentiraient en quelque sorte dépaysées, comme on en voit apparaître, à la longue, dans beaucoup de plantes cultivées. Non : c'est une modification bien définie et imposée par le milieu.

Et comme les conidies se forment dans l'air, hors du liquide de culture, ce ne peut être que par l'intermédiaire des cellules du mycélium qu'elles subissent l'influence osmotique de ce liquide (1).

On sait par d'autres expériences en quoi consiste le changement qui se produit dans les cellules mycéliennes, au contact du liquide concentré. Deux facteurs, notamment, interviennent : l'intraméabilité, c'est-à-dire la pénétration d'une certaine quantité des sels extérieurs jusque dans le suc cellulaire, et l'anatonose, c'est-à-dire la formation de substances osmotiques nouvelles par les cellules; tous deux conduisent à une augmentation du pouvoir osmotique. Mais on ne peut admettre, avec ESCHENHAGEN, que les conidies reçoivent simplement un peu de ces substances, puisque la faculté de mieux supporter un milieu concentré persiste à travers toute une génération qui

(1) Au contraire, dans l'immunisation héréditaire des animaux supérieurs, il s'agit probablement d'une action du milieu sur les cellules reproductrices elles-mêmes : c'est la raison pour laquelle je laisse ce cas de côté.

a vécu dans les conditions normales : il est impossible que le léger surcroît osmotique des conidies B et C, après s'être partagé entre les milliers de cellules de la génération suivante exposées au liquide normal, se manifeste encore comme tel dans les conidies B' et C'. C'est donc bien une aptitude physiologique acquise, à savoir : la faculté de produire, en cas de besoin, une plus forte turgescence, — qui s'est transmise héréditairement.

VII

Tout en concédant volontiers à WEISMANN qu'il n'y a pas d'exemple indiscutable d'hérédité des mutilations, et que rien, jusqu'ici, n'autorise à y croire, nous pensons avoir établi que certains autres caractères imposés au corps, directement ou indirectement, par les conditions extérieures, sont transmissibles. Il n'est pas permis, dès lors, de nier toute transmission des caractères acquis.

Il semble même que l'on puisse, dès à présent, entrevoir quelles modifications sont dans ce cas : les modifications qui atteignent l'ensemble des cellules corporelles, et non pas seulement quelques-unes de celles-ci. Car cet ensemble fait partie du milieu ambiant pour les cellules reproductrices, et les variations que leur impose le milieu sont héréditaires, d'après WEISMANN lui-même (1).

La transmission de certains changements des cellules corporelles aux cellules reproductrices n'a

(1) WEISMANN, *Germ-plasm*, pages 401 et 406; IDEM, *Essays*, I, page 103.

rien, en soi, que de très vraisemblable : le noyau n'agit-il pas, jusqu'à plusieurs millimètres de distance, par l'intermédiaire du cytoplasme (1), et ne savons-nous pas que des parties de l'organisme, même fort éloignées l'une de l'autre, peuvent s'influencer mutuellement ?

(1) Expériences de TOWNSEND, relatées par PFEFFER (*Über den Einfluss des Zellkerns auf die Bildung der Zellhaut*, dans *Berichte über die Verhandlungen der königlich-sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig*. Mathematisch-physische Classe, séance du 7 décembre 1896).

Bruxelles, Institut botanique de l'Université.

CONFLITS DE PRÉSÉANCE
ET
EXCITATIONS INHIBITOIRES
CHEZ LES VÉGÉTAUX (1)

La vie est une succession d'actes accomplis en corrélation avec des modificateurs externes ou internes — ou, pour employer le langage de la physiologie, la vie consiste en d'incessantes réactions, provoquées par des excitants. Parmi ceux-ci, il en est qui ne font pas surgir un phénomène nouveau, mais se bornent — à la manière des catalyseurs dont la physico-chimie a repris si ardemment l'étude — à accélérer ou à ralentir d'une façon remarquable un phénomène déjà en marche.

La physiologie animale s'occupe depuis longtemps de ces ralentissements, qui peuvent aller jusqu'à l'arrêt plus ou moins complet : c'est ce que l'on nomme des actions inhibitoires (« inhibitorische Wirkungen », « Hemmungserscheinungen »). Les plantes présentent un grand nombre de faits analogues : rappelons seulement l'arrêt de croissance du filament fructifère de *Phycomyces* durant la formation

(1) Ce travail a paru dans le *Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique*, tome XLII, 1904, première partie, et dans le *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome VI, 1905. — Les expériences et les considérations indiquées ici ont été communiquées, au mois d'août 1904, à la *British Association for the Advancement of Science* à Cambridge et au *Sixième Congrès international des Physiologistes*, à Bruxelles; elles avaient déjà fait l'objet d'une note préliminaire aux *Conférences de Laboratoire de l'Institut botanique*, séance du 29 mai 1901, publiée dans la *Revue de l'Université de Bruxelles*, 1902, page 55 du tiré à part.

du sporange, l'arrêt de croissance des mycéliums de ce Champignon aux points où deux d'entre eux se rencontrent, le ralentissement considérable de la croissance et la suspension temporaire du géotropisme et du phototropisme de certains organes à la suite de blessures (choc traumatique), l'action retardatrice si notable de la lumière sur l'allongement, etc. Il existe aussi dans le règne végétal des phénomènes d'irritabilité plus complexes, qui méritent d'être envisagés d'un tel point de vue, et il ne sera pas hors de propos d'attirer l'attention sur quelques-uns de ces cas.

I

Tandis que la racine principale de la plupart des végétaux supérieurs pénètre verticalement dans le sol et que leur tige principale s'élève verticalement dans l'air sous l'influence de l'excitation particulière exercée par la gravitation terrestre, les racines latérales, les bourgeons latéraux affectent, d'ordinaire, des directions différentes. Il n'en ressort évidemment pas que ces organes ne puissent avoir, eux aussi, une tendance à suivre la verticale : il suffirait que d'autres facteurs entrassent chez eux en conflit avec leur géotropisme positif ou négatif, et, dès lors, la direction qu'ils prennent serait la résultante de ce conflit.

L'antithèse entre l'axe (« flèche ») et les branches latérales est fortement marquée chez l'Épicéa type (*Picea excelsa*), le Sapin (*Abies pectinata*) et d'autres Conifères (1). Pourtant, cette antithèse est moins

(1) Sur les angles que font les rameaux avec les axes et sur les rapports de longueur entre ces organes, voir entre autres : A. H. Burtt, *Über den Habitus der Coniferen*, Inaugural-Dissertation, Tübingen, 1899.

absolue qu'elle ne le semble d'abord, puisque l'extrémité de la flèche, une fois supprimée, peut être remplacée chez ces plantes par une ou quelques branches latérales, comme on l'a constaté depuis longtemps et comme le montre notre photographie 1.

PHOTOGRAPHIE 1. — Un Sapin (*Abies pectinata*) à sommet brisé et partiellement remplacé par un rameau (Duinvliet près Domburg, Hollande, le 9 avril 1896).

En voici un autre exemple dont il a été possible de suivre toutes les phases :

Lors d'une fête au Bois de la Cambre, près Bruxelles, le 30 juillet 1894, deux Épicéas (*A* et *B*) ont eu leur sommet brisé. Les photographies 2 et 3 représentent l'arbre *A* aussitôt après l'accident et l'arbre *B* quelques semaines plus tard : il ne s'y était pas encore manifesté de changement sensible.

Le spécimen *A* porte, un peu plus bas que la fracture, un verticille de quatre branches, puis, entre ce verticille et la cassure même, quelques branches

plus petites, à des niveaux différents. L'Épicéa *B* porte, sous la cassure, un verticille de six branches, formant avec le tronc des angles sensiblement égaux, mais de longueurs légèrement inégales : la plus longue

PHOTOGRAPHIE 2. — L'Épicéa (*Picea excelsa*) *A*, dont le sommet (que l'on voit pendre vers la droite) avait été brisé le 30 juillet 1894, photographié peu de jours après (Bois de la Cambre, Bruxelles, le 5 août 1894).

est celle qui est marquée n° 1 dans notre croquis (figure 4).

A partir de juin de l'année suivante, des modifications commencent à apparaître.

Dans l'arbre *A*, la branche 5 se relève un peu, les branches 6 et 7 se relèvent fortement (figure 5 et photographie 6). Dans l'arbre *B*, la branche 1, qui était, dès le début, la plus forte, s'est relevée le plus; ses

deux voisines — 2 et 6 — ne se sont guère relevées; 3, 4, 5 se sont relevées un peu (photographie 7).

En 1896, la branche 6 de l'arbre *A* se met à l'emporter décidément sur sa rivale 7 et prend le rôle

PHOTOGRAPHIE 3 — L'Épicéa *B*, dont le sommet avait été brisé et enlevé le 30 juillet 1894, photographié quelques semaines après (Bois de la Cambre, Bruxelles, le 19 septembre 1894).

de sommet (figures 8, 9 et photographie 10); tandis que dans l'arbre *B*, la victoire reste à la branche 1 (figure 11 et photographie 12).

D'après ces exemples et d'autres analogues, on voit que si rien ne vient troubler la marche du phénomène, c'est l'une des branches les plus proches du sommet qui se substitue à lui en cas de fracture; et, de plusieurs branches équidistantes

ou à peu près, c'est la plus vigoureuse qui l'emporte.

II

A la suite de ces observations, j'ai fait une série d'expériences sur des Épicéas, soit en coupant ou

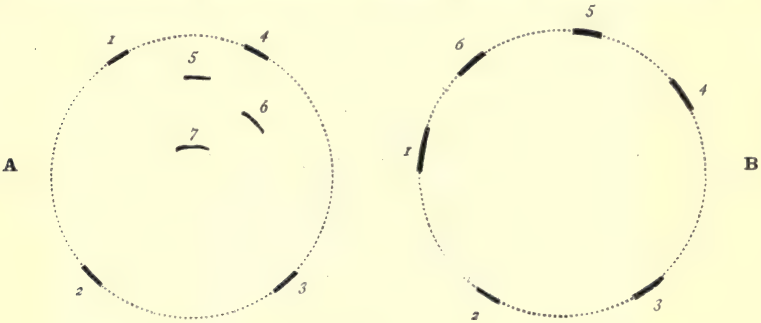


FIGURE 4. — Diagramme de la position des branches des Épicéas *A* et *B*, en septembre 1894.

ployant intentionnellement leur sommet, soit en pratiquant, à quelque distance en dessous de celui-ci, une « annélation » qui consistait à enlever du tronc, entre deux incisions circulaires, un anneau de tissus, haut de 2 centimètres environ et comprenant l'écorce, le liber, le cambium, de manière à ne respecter la continuité que du bois et de la moelle.

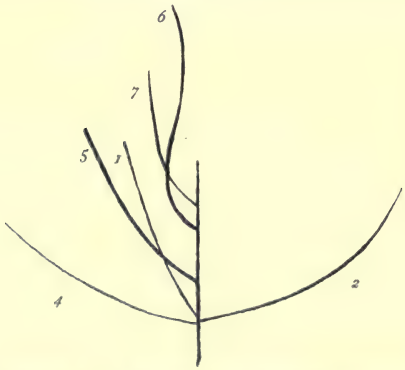


FIGURE 5. — Épicéa *A* : croquis indiquant la position des branches, le 4 août 1895

Les expériences ont conduit aux résultats suivants :

Chez les Épicéas types, il faut et il suffit que le sommet proprement dit de l'arbre soit enlevé ou meure ou présente un dépérissement

PHOTOGRAPHIE 6. — Épicéa *A*, à la date du 4 août 1895, prise du même côté que la photographie 2. Le relèvement des branches 6 et 7 est manifeste.

très notable (1), pour que le relèvement de l'une des branches situées plus bas se produise. Tant que le sommet existe avec sa vigueur normale, un tel relèvement n'a pas lieu ; et sa

(1) Chez *Circaea*, l'obscurcissement du sommet suffit déjà à provoquer le relèvement des branches latérales (GOEBEL, *Organographie der Pflanzen*, 1900, page 647, note 2). Chez *Tradescantia fluminensis*, au contraire, un tel obscurcissement n'a pas d'action sensible sur le géotropisme des nœuds sous-jacents (H. MIEHE, *Über correlative Beeinflussung des Geotropismus einiger Gelenkpflanzen*, dans *Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, XXXVII, 1902, page 38).

présence se fait encore sentir même si on a interrompu, sous lui, par une annélation complète, la continuité de l'écorce. C'est ce qu'on voit, par exemple, dans l'arbre de la photographie 13, annelé le 19 avril 1896 et qui avait formé au-dessus de l'annélation un fort bourrelet, sans manifester, même après plus de cinq ans, aucun relèvement de ses branches. L'examen anatomique prouva, d'ailleurs, que l'annélation s'était bien maintenue et qu'il n'y avait pas de communication corticale régénérée.

PHOTOGRAPHIE 7. — Épicéa *B*, à la même date du 4 août 1895, prise du même côté que la photographie 3. Le relèvement des branches est bien visible.

L'idée qui se présente d'abord à l'esprit, c'est qu'il s'agirait essentiellement du courant de transpiration : aussi longtemps que ce courant demeurerait intact et serait accaparé par le sommet, les rameaux ne se relèveraient pas.

Sans doute l'intégrité du courant de transpiration a son importance, mais cette explication trop simpliste est évidemment inadéquate : car les rameaux latéraux sont couverts de feuilles aussi bien que le sommet et reçoivent, malgré sa présence, toute l'eau qui leur est nécessaire. Rien n'autorise à supposer qu'ils soient insuffisamment

alimentés, et ce ne peut être simplement en leur soutirant la « sève » que le sommet empêche leur relèvement. On est donc conduit à admettre qu'il exerce sur leur capacité de relèvement géotropique une action plus définie : une action « empêchante » ou inhibitoire.

FIGURE 8. — Épicéa *A* : croquis indiquant la position des branches le 29 mars 1896. Le sommet brisé a été rejeté sur le côté; la prédominance de la branche 6 s'accentue.

FIGURE 9. — Épicéa *A* : croquis indiquant la position des branches le 11 août 1896. La prédominance de la branche 6 est complète; elle développe, sous son sommet, un verticille radiaire de rameaux.

On ne peut guère supposer qu'une telle action chemine par une autre voie que par des cellules vivantes. Dans le cas d'annélation, l'influence du sommet doit s'être transmise probablement grâce aux cellules vivantes de la moelle et des rayons médullaires. Le bois d'Épicéa a, du reste, de nombreux rayons médullaires, présentant chacun un grand nombre de cellules en hauteur.

III

Chez plusieurs espèces de Sapins (*Abies*), Mélèzes (*Larix*), Pins (*Pinus*) et chez diverses autres plantes, les choses paraissent se passer comme chez l'Épicéa. Il n'en est pas de même pour les *Araucaria,* au sujet

PHOTOGRAPHIE 10. — Épicéa *A*, à la même date, photographié du côté opposé à la photographie 2. La branche qui semble continuer l'axe et porte, sous son sommet, un verticille de rameaux est la branche n° 6.

desquels HUGO MOHL et G. KUNZE (1) fournissent déjà quelques données et sur lesquels VÖCHTING a publié tout récemment un intéressant mémoire (2).

(1) H. MOHL, *Vermischte Schriften,* 1846, page 22; G. KUNZE, *Einige Fälle von Umwandlungen der Nebenaxen in Hauptaxe bei den Abietineen,* Flora, 1851, n° 10, page 145.

(2) H. VÖCHTING, *Über die Regeneration der Araucaria excelsa,* dans *Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik,* XL, 1904, page 144.

Des expériences faites en 1901 sur *Araucaria excelsa*, avec la collaboration de mon collègue M. le professeur MASSART, alors mon assistant, ont d'abord confirmé ce fait connu que l'amputation du sommet n'est point suivie ici du relèvement de branches existantes, mais qu'il se développe, sous le sommet enlevé, des bourgeons qui se substituent à lui. Malgré cette différence, le résultat se rattache à celui qui vient d'être rapporté, en ce que l'extrémité de la flèche empêchait encore une fois, en dessous d'elle, tout développement de bourgeons orthotropes.

FIGURE 11. — Épicéa *B* : croquis indiquant la position des branches le 29 mars 1896.

PHOTOGRAPHIE 12. — Épicéa *B*, photographié le 11 août 1896 : la branche prédominante est la branche n° 1. A droite de l'Épicéa *B*, on voit le spécimen *A*, pris du même côté que dans la photographie 10.

Seulement, au rebours de l'Épicéa, l'annélation suffit chez l'*Araucaria* à éliminer l'influence du sommet : l'excitation inhibitoire semble conduite

PHOTOGRAPHIE 13. — Un Épicéa « annelé » le 19 avril 1896, coupé et photographié le 11 juillet 1901 : la place de l'annélation a été blanchie par de la craie pour être mieux visible. Il n'y a aucun relèvement de branches latérales. — On a fixé à côté de l'objet une échelle de 30 centimètres divisés en millimètres.

ici exclusivement par l'écorce. On notera que le bois d'*Araucaria excelsa* a des rayons médullaires moins nombreux que celui de *Picea*, et ne mesurant que deux cellules de hauteur.

Il est bien vrai qu'après l'annélation le sommet de l'*Araucaria*, tout en continuant à pousser, semble affaibli et se porte assez mal. Mais chez d'autres

plantes, le sommet continue à se développer aussi bien qu'avant l'annélation et celle-ci n'en suffit pas moins à éliminer l'inhibition qu'il exerce.

Les expériences sur *Araucaria* ont été reprises et étendues, depuis, par M. MASSART : c'est à lui qu'il appartient d'en donner des figures et d'en exposer les détails. Ajoutons qu'il s'est rallié à notre interprétation des phénomènes, comme dus à des excitations inhibitoires (1).

Il convient aussi de mentionner une expérience plus ancienne, d'après laquelle un pincement subapical de la racine agit sur la direction des racines latérales comme le ferait la décapitation (2).

IV

Parmi les faits dont nous venons de parler, deux points surtout méritent, semble-t-il, d'être retenus.

D'abord, la possibilité même du relèvement de grosses branches d'arbre, dures, lignifiées, et qui se remettent, en ce cas, à manifester de l'accroissement en longueur dans des régions où, normalement, il ne s'en produirait plus. On sait qu'une chose analogue s'observe dans tout chaume de Graminacée qui se redresse : les nœuds, arrivés au terme de leur crois-

(1) Voir *Conférences de Laboratoire de l'Institut botanique*, Bruxelles, 1902 (séance du 22 mai 1901), page 50 du tiré à part; J. MASSART, *Essai de classification des réflexes non nerveux* (*Annales de l'Institut Pasteur*, 25 août 1901, pages 6 et 12 du tiré à part, et *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome V, pages 303 et 310); IDEM, *Les excitations inhibitrices chez les végétaux* (*Sixième Congrès international des Physiologistes*, Bruxelles, août 1904).

(2) CH. et F. DARWIN, *Power of Movement in Plants*, 1880, page 186.

sance, recommencent à s'allonger par suite de l'excitation géotropique. Mais pour les troncs ligneux un tel relèvement représente une bien autre dépense de travail. Un Hêtre de la Forêt de Soignes, près

PHOTOGRAPHIE 14. — Hêtre déchaussé peu à peu par la « Source de l'Empereur », dans la Forêt de Soignes, à Rouge-Cloître, près Bruxelles, et géotropiquement relevé.
(Cliché de G. CLAUTRIAU, 11 mai 1896.)

Bruxelles, en offre un bel exemple : son gros tronc a été graduellement déchaussé à la base par l'effet d'une source voisine et s'est courbé en conséquence pour conserver à peu près la direction verticale (photographie 14). C'est, sans doute, la couche de cambium qui joue, dans ces courbures tardives, le rôle

principal (1). Il ne saurait, toutefois, en être de même partout, puisque l'on observe des relèvements semblables chez des Palmiers, dépourvus, au dire des anatomistes, d'assise cambiale (Dattier : photographie 15,

PHOTOGRAPHIE 15. — Relèvement géotropique chez un Dattier, bord de l'oasis de Biskra, Algérie.
(Cliché de M. HOVELACQUE.)

que je dois à l'obligeance du regretté M. Hovelacque) : ici, c'est donc le parenchyme qui doit être le siège d'un si puissant allongement.

L'autre remarque est relative aux rapports entre la « flèche » et les rameaux de la plante. Examinons de plus près comment on peut interpréter les corrélations remarquables qui se révèlent entre ces organes.

(1) L. JOST, *Über einige Eigenthümlichkeiten des Cambiums der Bäume* (*Botanische Zeitung*, 1901, I, page 201); P. MEISCHKE, *Über die Arbeitsleistung der Pflanzen bei der geotropischen Krümmung*, dans *Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, XXXIII, 1899, page 363.

Il semble, à première vue, assez naturel, comme nous l'indiquions tantôt, de songer (avec DARWIN (1) et d'autres) aux conditions modifiées de l'alimentation soit en eau, soit en sels minéraux, soit en matériaux organiques, que doit entraîner pour les branches la suppression du sommet. Le rôle prépondérant ne saurait, cependant, être attribué à de tels facteurs.

S'il s'agissait, essentiellement, de l'eau ou des substances salines, on ne comprendrait pas, en effet, qu'une annélation — incapable d'interrompre le courant ascendant de la sève — amène, chez certaines espèces, le même résultat qu'une décapitation.

Quant à la matière organique, les rameaux, avec leurs feuilles nombreuses, en produisent eux-mêmes la plus grande partie et l'ont ainsi, de première main, à leur disposition, de sorte qu'on ne voit absolument pas pourquoi ils dépendraient à cet égard du sommet.

D'ailleurs, il est clair qu'il y a autre chose dans un changement de réaction géotropique qu'une nutrition meilleure ou un accroissement plus vigoureux.

Faut-il recourir plutôt à la théorie ébauchée au XVIIIe siècle par DUHAMEL, développée plus tard par SACHS et d'autres, et d'après laquelle le végétal formerait des substances « géotropiques » de deux sortes, les unes, « catagéotropiques », cheminant par l'écorce vers la racine et y déterminant le géotropisme descendant; les autres, « anagéotropiques » (2), montant par l'écorce vers le sommet aérien et y déterminant le

(1) CH. et F. DARWIN, *The power of Movement in Plants*, 1880, page 187.

(2) Ces mots appartiennent à la terminologie très commode et complète proposée par MASSART, dans *Essai de classification des réflexes non nerveux* (*Annales de l'Institut Pasteur*, 25 août 1901, page 33 du tiré à part, et *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome V, page 337).

géotropisme ascendant? Le sommet accaparerait ces dernières substances; vient-on à le supprimer, elles pourraient se rendre vers les rameaux et provoquer leur relèvement.

Mais ici encore on doit se rappeler que, suivant cette théorie même, les organes formateurs des substances catagéotropiques et anagéotropiques seraient les feuilles. Dès lors, la théorie ne suffit point à expliquer pourquoi les feuilles des rameaux doivent attendre la disparition du sommet pour conserver par devers elles, à la disposition des rameaux voisins, leurs produits anagéotropiques : il faut bien supposer une intervention du sommet, les empêchant de retenir ou d'utiliser ces produits.

Reste une autre interprétation que nous avons esquissée en commençant et qui nous paraît mieux d'accord avec les faits connus : tout se passe, du moins, comme si elle était vraie.

Selon nous, il y a lieu d'admettre que le sommet envoie vers les rameaux latéraux (anagéotropiques comme lui) des excitations inhibitoires, de nature catalysatrice si l'on veut, qui les empêchent soit de se développer (*Araucaria*), soit de se redresser (*Picea*). Cette action cheminerait en descendant, tantôt exclusivement par l'écorce (*Araucaria*), tantôt par toutes les cellules vivantes du tronc (*Picea*); elle peut même se transmettre de la flèche du sujet à un rameau latéral greffé (1).

Il serait superflu d'énumérer ici et de discuter de ce point de vue les opinions de tous les botanistes que

(1) Voir plus loin, page 122, et STRASBURGER, *Über Plasmaverbindungen pflanzlicher Zellen*, dans *Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, XXXVI, 1901, pages 587 et 588 : rameau de *Picea pungens*, greffé sur *Picea excelsa*.

ces questions ont occupés; mais il est intéressant de signaler qu'une interprétation analogue des faits semble s'être présentée, à un certain moment, à l'esprit de SACHS, tandis qu'il attribuait auparavant le relèvement — comme il le déclare lui-même — aux « sucs » nutritifs devenus disponibles par l'ablation du sommet et désormais dirigés vers les branches (1).

GOEBEL, dans ses nombreuses et intéressantes recherches sur la « métamorphose » et la régénération des organes, range les phénomènes dont nous parlons ici sous la rubrique générale des « corrélations de croissance » (2). Sans doute, il se sert aussi d'expressions qui indiquent une action inhibitoire (3); mais il est manifeste qu'il a surtout en vue l'accaparement des matériaux plastiques par le sommet de la plante, plutôt qu'une excitation déterminée, envoyée par ce

(1) J. SACHS, *Über orthotrope und plagiotrope Pflanzentheile* (*Arbeiten des botanischen Instituts*, Wurzburg, II, 1879, pages 280 et 281, et *Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphysiologie*, II, page 1059) : « Diese an den Aesten sich vollziehende Veränderung in Folge der Wegnahme des Gipfels kann aber nicht, wie allgemein gesagt wird und auch ich früher glaubte, aus der Annahme erklärt werden, dass die Säfte, welche früher dem Gipfel zuströmten, den nächsten Aesten zu Gute kommen, wodurch diese kräftiger wachsen und stärker geotropisch werden. Sie könnten ja auch stärker wachsen und dabei plagiotrop bleiben wie früher. Kappt man den Gipfel eines plagiotropen Epheu- oder Kürbissprosses ab, so werden die nächsten Knospen keineswegs orthotrop, obgleich auch sie jetzt kräftiger wachsen. Worin der Einfluss besteht, den der orthotrope Gipfel auf die Richtung der nächsten Aeste ausübt, ist uns ganz unbekannt... »

(2) K. GOEBEL, *Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Blattes* (*Botanische Zeitung*, 1880, colonnes 809, 819, etc.); *Weitere Studien über Regeneration* (*Flora*, XCII, 1903, page 146); *Regeneration bei Utricularia* (*Flora*, XCIII, 1904, pages 106 et 126).

(3) « Hemmender Einfluss », « Verhinderung », « Entwickelungshemmung », par exemple, dans *Op. cit.*, *Botanische Zeitung*, 1880, colonne 810; *Über Regeneration im Pflanzenreich* (*Biologisches Centralblatt*, 1902, pages 431, 482, 498 note; 420, 487); *Weitere Studien über Regeneration* (*Flora*, XCII, 1903, pages 132 et 138); *Utricularia*, *ibidem*, 1904, page 115.

sommet vers les organes sous-jacents, comme nous l'admettons; et il en est de même de MIEHE (1). La distinction pourra sembler subtile, elle est cependant d'une certaine importance pour toute l'appréciation du problème.

Il est aisé de voir que notre façon d'envisager les phénomènes diffère aussi de l'hypothèse d'une perception de la forme générale et de la situation du corps et de ses diverses parties, ou morphesthésie, telle que l'entendent NOLL et STRASBURGER (2).

V

Si l'on accepte l'idée des actions inhibitoires, il semblera naturel que des rameaux latéraux exceptionnellement vigoureux soient capables d'échapper à cette sorte de despotisme du sommet et se relèvent verticalement malgré lui : c'est le cas des branches que les arboriculteurs appellent des « gourmands ». La formation des « balais de sorcières » serait fort bien explicable, dans la même théorie, en admettant que le parasite empêche l'inhibition de se transmettre aux bourgeons les plus proches de lui : de là leur relèvement anormal (3).

(1) H. MIEHE, *Über correlative Beeinflussung des Geotropismus einiger Gelenkpflanzen* (*Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, XXXVII, 1902, pages 46, 49, 51, 60 et 61 du tiré à part).

(2) F. NOLL, *Über den bestimmenden Einfluss von Wurzelkrümmungen auf Entstehung und Anordnung der Seitenwurzeln* (*Landwirtschaftliche Jahrbücher*, 1900, pages 406 et 407); IDEM, *Beobachtungen und Betrachtungen über embryonale Substanz* (*Biologisches Centralblatt*, XXIII, 1903, page 403); STRASBURGER, *Über Plasmaverbindungen pflanzlicher Zellen* (*Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, XXXVI, 1901, page 587).

(3) CH. et F. DARWIN (*Power of Movement in Plants*, 1880, page 188), rapprochent aussi l'influence de l'*Aecidium elatinum* de celle de l'étêtement chez le Sapin.

Ce que nous avons dit jusqu'ici des excitations inhibitoires émanant du sommet de la tige s'applique dans une large mesure aux relations entre la racine principale ou pivot et les racines latérales. Selon nous, elles seraient catagéotropiques comme le pivot, si elles n'avaient été, dès leur naissance, tenues par lui en échec. Les faits connus à cet égard se rattachent sans effort à la théorie inhibitoire.

Prenons, par exemple, les cinq cas distingués par Bruck dans un mémoire récent (1). Il a surtout expérimenté sur des plantules de *Vicia faba*, dont il a décapité le pivot avant qu'aucune racine latérale n'apparût à l'extérieur; car la décapitation est sans effet sur la direction des racines déjà bien formées. Voici ces cas :

1° Décapitation du pivot tout près (à $^1/_2$ – 1 mm.) du sommet. — Le sommet se régénère et reprend son rôle inhibitoire, de sorte que les racines latérales nouvelles formeront avec la verticale le même angle que sur des plantules intactes.

C'est bien ce que l'on observe.

2° Décapitation plus en arrière, mais encore dans la zone de croissance. — Le sommet ne se régénère pas ; dès lors, les racines latérales de nouvelle formation, échappant à l'action inhibitoire, se rapprochent plus de la verticale que sur des plantules intactes.

3° Lorsque, dans la décapitation faite comme au 2°, des racines nouvelles naissent à la surface de section même, elles suivent une direction exactement verticale, rien ne s'opposant à ce qu'elles manifestent leur catagéotropisme.

(1) W. F. Bruck, *Untersuchungen über den Einfluss von Aussenbedingungen auf die Orientierung der Seitenwurzeln* (*Zeitschrift für allgemeine Physiologie*, Band III, Heft IV, 1904, page 18 du tiré à part).

4° Décapitation au delà de la zone de croissance. — Ici, les racines latérales qui apparaissent après quelque temps étaient déjà ébauchées (1) avant l'ablation du sommet, elles en avaient subi l'influence et continuent à se développer dans la direction qu'elles auraient prise si le sommet avait été conservé.

5° Mais dans l'expérience 4°, il arrive (trois fois sur dix, d'après Bruck) que les racines nouvelles les plus proches de la section soient encore assez peu formées au moment du traumatisme pour n'avoir reçu du sommet qu'une excitation inhibitoire légère. Elles commencent alors à pousser obliquement vers le bas comme dans une plantule intacte; mais, au bout de quelque temps, elles oublient l'influence subie, leur partie encore susceptible de croître s'infléchit vers la verticale, elles se laissent aller en quelque sorte à leur catagéotropisme. Au contraire, les racines secondaires plus éloignées de la section et qui étaient, par conséquent, déjà plus avancées au moment de la décapitation, présentent, comme celles du 4°, l'obliquité normale.

Il en est de même pour les racines secondaires ébauchées pendant que le pivot est emprisonné dans un bandage de plâtre, suivant la méthode de Pfeffer (2) : opère-t-on ensuite la décapitation du pivot après enlèvement du plâtre, les racines se comportent tout à fait comme dans le quatrième et le cinquième cas (3).

On peut invoquer enfin une ingénieuse expérience de Bruck, pour les détails de laquelle je renvoie à son

(1) Bruck, *loc. cit.*, page 23.

(2) Pfeffer, *Druck- und Arbeitsleistung durch wachsende Pflanzen* (*Abhandlungen der königlich-sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig*. Mathematisch-physische Classe, Band XX, n° III, 1893, page 238).

(3) Bruck, *loc. cit.*, pages 25 et 26.

travail (1). Si l'on empêche la croissance d'un pivot en enveloppant de plâtre sa zone d'allongement avant qu'il ait produit des racines secondaires, et qu'on le place alors horizontalement, des racines sortiront bientôt de ses parties plus âgées et non « engypsées ». Parmi elles, les racines du côté inférieur, croissant vers le bas, remplaceront au point de vue physiologique la racine principale et en acquerront plus ou moins les propriétés. Que l'on libère maintenant la racine principale, elle ne prendra plus la verticale, mais se comportera comme le ferait une racine secondaire. Il semble que ce soit elle qui subisse désormais l'action inhibitoire des racines secondaires, lesquelles ont profité de son emprisonnement pour usurper la verticale.

De même on doit s'attendre à ce qu'un organe latéral, s'il est capable de se substituer au sommet en cas de décapitation, prenne aussi des allures de sommet lorsqu'on le greffe à la place de celui-ci; et réciproquement. Une telle expérience a été réalisée par Vöchting avec une racine de Betterave, à laquelle il enleva le sommet et le remplaça par une racine latérale : celle-ci se comporta désormais comme une racine principale (2).

Dans les pépinières belges (à Wetteren, etc.), divers *Abies* et *Picea* sont multipliés par le greffage de leurs rameaux latéraux mis, en position verticale, à la place du sommet sur des pieds d'*Abies pectinata* ou de *Picea excelsa;* et, après quelques années, ces rameaux latéraux, verticaux mais plagiotropes, prennent les caractères de sommets à ramification radiaire.

(1) *Loc. cit.*, pages 29 et 30.

(2) H. Vöchting, *Über Transplantation am Pflanzenkörper*, Tübingen, 1892, page 34 : « Die Seitenwurzel war hier also an den Ort der Hauptwurzel getreten. »

En revanche, lorsqu'il s'agit d'organes qui ne peuvent pas non plus se substituer au sommet en cas de décapitation, on obtient, bien entendu, le résultat inverse (1). Chez *Araucaria excelsa* et *Coffea arabica*, les sommets de flèches greffés sur des rameaux latéraux restent flèches et se redressent ; les rameaux latéraux greffés à la place de la flèche restent plagiotropes, n'exercent pas d'action inhibitoire, et une nouvelle flèche se forme à l'aisselle des feuilles les plus élevées du sujet (2).

PHOTOGRAPHIE 16. — *Picea excelsa* des environs de Kongsvinger (Norvège), dont le sommet avait été scié. (D'après SCHÜBELER, *Vaextlivet i Norge*, 1879, page 90, figure 40.)

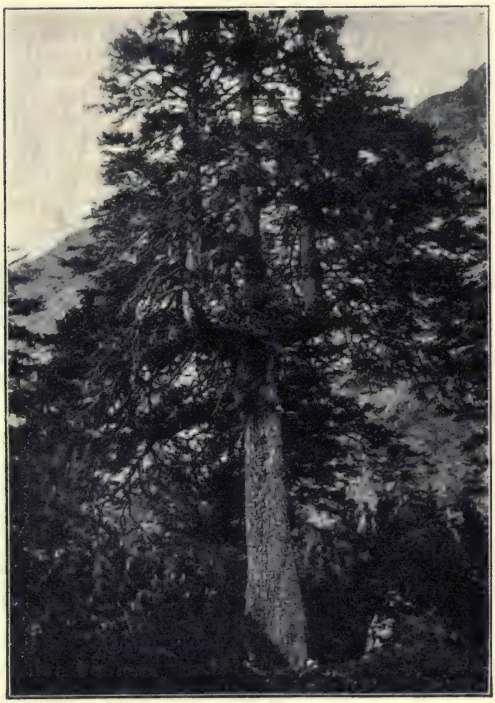
VI

Les considérations que nous avons fait valoir dans cette étude peuvent être rattachées à des notions générales vers lesquelles la physiologie incline de plus en plus. Car une foule de faits conduisent à admettre, tant chez les plantes que chez les animaux, que des excitations partent sans cesse de chaque organe et vont retentir sur l'activité de tous

(1) C'est sans doute ainsi qu'il faut interpréter les résultats constatés par L. DANIEL (*La variation dans la greffe et l'hérédité des caractères acquis*, dans *Annales des Sciences naturelles*, Botanique, 8e série, tome VIII, 1898, pages 32-36), chez le Poirier.

(2) Expériences inédites de M. MASSART.

les autres (1). L'hypothèse la plus plausible paraît être d'attribuer ces excitations à des « sécrétions internes », émanées des différentes parties et qui iraient porter leur action dans l'organisme tout entier.



PHOTOGRAPHIE 17. — *Abies pectinata* du Vorarlberg (Autriche) présentant six sommets secondaires, par suite du relèvement simultané de tout un verticille de branches, après fracture de la flèche. (D'après L. KLEIN, *Die Physiognomie der mitteleuropäischen Waldbäume*, Karlsruhe, 1899, figure 13.)

En s'appuyant sur l'importante constatation faite par CZAPEK de la production, dans les tissus végétaux,

(1) Voir aussi H. MIEHE, *Über correlative Beeinflussung des Geotropismus einiger Gelenkpflanzen*, dans *Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, XXXVII, 1902, pages 37 et 41. PFEFFER, *Pflanzenphysiologie*, 2e édition, II, 1901, page 200 et suivantes.

d'une antioxydase spécifique comme conséquence de la perception géotropique (1), on pourrait se demander si l'influence du sommet sur les ramifications sous-jacentes ne consiste pas essentiellement à envoyer vers

PHOTOGRAPHIE 18. — *Picea excelsa* de la grande Scheidegg (Suisse), à flèche brisée et présentant huit sommets secondaires, par le relèvement de branches insérées à divers niveaux. (D'après L. KLEIN, *Op. cit.*, figure 21.)

les rameaux ou à provoquer en eux la formation de quelque substance antagoniste — sorte d'anticorps — de cette antioxydase.

(1) Voir diverses publications de CZAPEK et, en dernier lieu, son esquisse d'ensemble : *The Anti-ferment Reaction in Tropistic Movements of Plants* (*Annals of Botany*, janvier 1905, page 75), qui donne aussi la bibliographie.

Quoi qu'il en soit, nous pouvons nous représenter le sommet de la tige (et, de même, celui de la racine) comme une façon de tyran qui interdit aux ramifications sous-jacentes de se redresser (ou, dans d'autres cas, de se développer) bien qu'elles aient, comme lui, la tendance à le faire : leur géotropisme (ou leur pouvoir d'accroissement) est tenu en respect par le sien. Supprime-t-on le sommet, vient-il à mourir ou à s'affaiblir notablement, alors les rameaux asservis relèvent la tête. Il pourra se faire que plusieurs d'entre eux deviennent également verticaux et prennent des allures de sommet : cela s'observe parfois (photographies 16, 17, 18) (1). Mais d'ordinaire, un nouveau conflit de préséance s'allume désormais entre les rameaux : le plus proche du sommet ou le plus vigoureux de ceux qui n'en sont pas éloignés affirme bientôt sa suprématie et maintient à son tour les rivaux à ses pieds.

Dans bien des cas (*Araucaria,* racines secondaires, etc.) le remplacement du sommet est réalisé, comme nous l'avons vu, par un nouvel organe latéral et non par le changement de direction d'organes latéraux déjà formés. Cela signifie que ceux-ci ont reçu, une fois pour toutes, à leur naissance, l'empreinte indélébile de leur situation subalterne et qu'ils ne peuvent plus se soustraire à cette sorte d'esclavage.

(1) On trouvera aussi des exemples figurés par G Kunze, dans *Flora,* 1851, n° 10 ; ainsi que dans l'ouvrage en voie de publication : O. Kirchner, E. Loew, C. Schröter, *Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas,* volume I, fascicule 2, 1904, pages 116-124 (*Picea excelsa*).

ŒUVRES POSTHUMES

L'INDIVIDU (1)

Qu'un naturaliste vienne vous parler d'une question de sciences naturelles, c'est ce qui est assurément compréhensible et n'a pas besoin d'excuse. J'espère que vous ne lui en voudrez pas, si, armé ensuite des résultats que les sciences naturelles auront fournis, il se hasarde dans un domaine qui n'est pas le sien et vous montre, en toute franchise, quelles conséquences morales lui paraissent se déduire des prémisses biologiques. Car le temps est passé où l'on s'imaginait pouvoir d'une façon absolue opposer entre elles les sciences morales et les sciences naturelles, comme si tout dans la nature ne s'enchaînait pas et ne réagissait pas sur tout.

L'un des premiers à faire cesser cet antagonisme fut un Belge illustre, ADOLPHE QUETELET (1796-1874), qui, sous le hasard apparent des événements volontaires, c'est-à-dire suscités par ce que nous appelons le libre arbitre, sut rechercher les rapports profonds des causes, les linéaments encore indécis de la loi. C'est vers 1830 qu'il esquissa ses théories. A côté des causes constantes, il reconnaît un autre ordre de causes qu'il qualifie de variables; à côté de celles-ci, il en découvre un troisième, les causes accidentelles ou pertubatrices, parmi

(1) Cette Conférence, résumée d'après les notes très complètes de l'auteur, a été faite pour la première fois le 9 novembre 1902 à l'Université populaire d'Etterbeek, et successivement à Liége, à Bruxelles, à Mons en 1902; au Cercle artistique et littéraire de Bruxelles en 1903; à Nivelles et à Uccle en 1904.

lesquelles figurent pour lui tous les phénomènes sociaux ou phénomènes volontaires. Les études de QUETELET sont restées la base de tout notre système d'assurances. Celui-ci ne s'appuie-t-il pas sur des tables de natalité, de mortalité, sur la statistique des mariages, des accidents, des crimes eux-mêmes? Ces actes de la vie individuelle qui nous apparaissent comme libres se rattachent par des liens reconnus indestructibles aux lois mathématiques, au calcul des probabilités notamment.

Entraînés par le succès de la statistique morale, certains savants ont voulu depuis lors, dans la sociologie, tout identifier à la biologie, sans critique et sans choix; on se laissa souvent tromper par des similitudes de surface, par des similitudes verbales, dirons-nous, et par des généralisations prématurées.

En a-t-on assez abusé de la lutte pour l'existence chez les êtres sauvages, du *struggle for life!* L'a-t-on assez invoquée, à tort ou à raison, pour en conclure à la nécessité de la haine et de la lutte des classes dans l'humanité elle-même, alors que précisément, dans la nature, nous voyons cette lutte se faire surtout entre individus semblables, tandis que les groupes complémentaires, représentant ce que dans la société humaine on nomme les classes, s'appuient et s'entr'aident le plus souvent! La lutte pour l'existence devrait donc nous apparaître bien moins comme la justification d'une lutte de classes que comme l'explication de l'envie ou de la haine que se vouent entre eux les concurrents d'une même profession, les ouvriers d'un même métier.

Parmi ceux qui exagérèrent de la façon la plus évidente cette comparaison classique entre la société et un organisme vivant, je ne vous citerai pas quelque

philosophe antique ou quelque penseur de la Renaissance, mais bien plutôt un jurisconsulte du milieu du XIXe siècle dont les écrits jouissent encore d'un certain crédit et qui compte parmi les esprits les plus avisés de son temps. BLUNTSCHLI, en 1844, dans ses *Psychologische Studien über Staat und Kirche*, poursuit, jusque dans ses détails, la comparaison traditionnelle. L'État, dit-il, est un organisme ayant son âme propre et jusqu'à sa sexualité ; il en fait un organisme mâle, dont le pendant, comme organisme femelle, est l'Église. Si nous cherchons une justification à ce concept certes assez inattendu, nous ne le trouverons peut-être que dans la remarque trop familière : l'État et l'Église font ensemble bien mauvais ménage. BLUNTSCHLI distingue dans l'État seize organes fondamentaux, comme dans le corps humain ; ce sont les différents pouvoirs dont l'existence est nécessaire dans la société. Je ne vous citerai que quelques exemples : à l'œil, correspond l'école ; aux oreilles, les établissements publics ; à la poitrine, les villes ; aux extrémités de nos membres, les travaux publics ; enfin, au nombril..., non, vous ne le devineriez pas : le droit pénal (1) !

Tout récemment, une école de jeunes sociologues français (2) versait encore dans la même erreur et érigeait en système ce qui n'est, en fin de compte, que le développement d'une figure de rhétorique qui remonte à PLATON pour le moins et qui fut reprise depuis par HOBBES, par JEAN-JACQUES ROUSSEAU, et par bien d'autres. Ces néo-organicistes s'attachent plutôt aux fonctions qu'aux organes ; ils nous parlent de la circulation, de l'innervation, etc., le corps social étant

(1) TH. VAN KRIEKEN, *Über die sogenannte organische Staatslehre*. Leipzig, 1873.

(2) Voir, entre autres, RENÉ WORMS, *Philosophie des Sciences sociales*. I, *Objet des Sciences sociales*. Paris, 1903.

toujours assimilé au corps humain. Je pourrais vous citer comme pendant au dernier des organes énumérés par BLUNTSCHLI, la fonction éliminatoire, trouvée par ces écrivains ingénieux dans la police, chargée d'expulser de la société les éléments inutiles et nuisibles : pour eux la police est le rein social.

Malgré ces exagérations, certaines vérités fondamentales restent acquises. La société, de même que l'individu, nous apparaît comme quelque chose d'organisé et de vivant. Combien il est utile de s'en souvenir, afin de ne pas s'imaginer qu'on peut la modifier par un coup de baguette ou, ce qui revient au même, par le vote d'une loi ! A condition de s'en tenir à ces aspects généraux et sans forcer la comparaison, il n'est pas douteux que l'étude des êtres vivants nous aide à mieux comprendre les nécessités de l'organisation sociale.

*
* *

C'est sur un de ces aspects généraux du problème que je voudrais fixer votre attention. Il s'agit d'éclairer la notion si discutée et si attaquée de l'individu et de l'individualisme.

Comment définir l'individu ? Nous envisageons ici l'être supérieur, car c'est en partant de lui que la notion est le moins difficile à saisir. Nous disons de l'homme et d'autres animaux supérieurs (Vertébrés, Mollusques, Insectes, etc.) : ce sont des individus, entendant par là qu'ils ne peuvent être divisés sans perdre leurs propriétés essentielles, sans cesser d'être eux-mêmes. — Ce sont des i n d i v i d u s : chacun d'eux forme un tout indivisible. Mais combien cette définition, qui nous semble suffisante si nous nous arrêtons aux êtres vivants les plus perfectionnés, est difficile à

appliquer à toute l'échelle descendante des êtres vivants, à travers le règne animal et dans le règne végétal !

Que devient-elle quand on essaie de l'appliquer à un Hydroïde (figures 1 à 3), à un Siphonophore (figures 4 et 5) ou à un Bryozoaire (figure 6)? Chez eux, l'animal, d'abord unique, bourgeonne et donne de nouveaux animaux qui restent unis au premier. Dans les colonies ainsi formées, les divers bourgeons se différencient profondément. A l'état adulte, la colonie tout entière, composée d'un nombre énorme d'individus nés les uns des autres, fonctionne comme si elle était un individu simple, pourvu d'innombrables organes.

Les plantes supérieures nous montrent quelque chose d'analogue. Ici aussi le corps de l'adulte peut être décomposé en portions menant jusqu'à un certain point une vie indépendante ou tout au moins capables de se séparer du reste et de vivre isolément. Ne sait-on pas, en effet, que chaque bourgeon d'un Saule, d'un Fraisier ou d'un Rosier peut être bouturé et qu'il deviendra alors le point de départ d'une vie nouvelle? Déjà en 1850, ALEXANDRE BRAUN (1) considérait chaque bourgeon comme un individu, et c'est à peu près à la même conclusion qu'arrivait récemment LE DANTEC (2).

Un individu végétal n'est donc pas ce tout indivisible qu'on nomme individu chez un Mammifère ou un Oiseau; et si l'on voulait nommer individu toutes les parties d'une plante supérieure capables de se

(1) ALEXANDER BRAUN, *Das Individuum der Pflanze in seinem Verhältniss zur Species*, etc. (*Abhandlungen der Academie*, Berlin, 1853).

(2) LE DANTEC, *La définition de l'Individu* (*Revue philosophique*, janvier et février 1901).

compléter par leurs propres moyens, il faudrait donner ce nom à chacune des cellules qui composent un Saule,

FIGURE 1. — Colonie fixée d'*Obelia gelatinosa* (Hydroïde). Toute la colonie provient du bourgeonnement répété d'un animal d'abord unique. Elle comprend maintenant des milliers d'animaux, les uns nourriciers, les autres reproducteurs (voir figures 2 et 3). (D'après HINCKS.)

car il est certain que toute cellule de ce végétal, si elle est convenablement traitée, peut se multiplier et refaire un Saule complet.

D'ailleurs, il y a un fait connu de tout le monde, qui vient compliquer encore davantage la notion

FIGURE 2. — Branche d'une colonie d'*Obelia gelatinosa*. *O*, polype nourricier épanoui; à droite, un polype nourricier rétracté. — *Th*, loge vide d'un polype nourricier. — *M*, polype reproducteur bourgeonnant et produisant de nombreuses méduses (voir figure 3). (D'après CLAUS.)

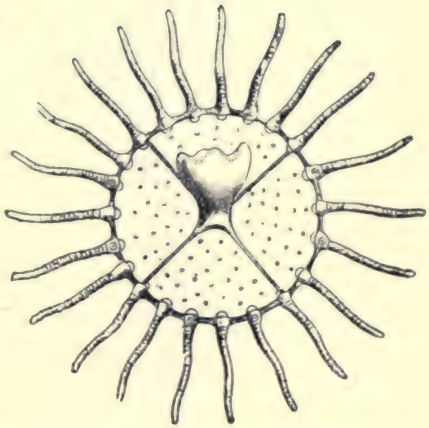


FIGURE 3. — Méduse d'*Obelia gelatinosa*, détachée d'une colonie fixée, et nageant librement, mais encore dépourvue d'organes sexuels. (D'après CLAUS.)

de l'individu chez les végétaux. Par l'opération de la greffe on peut souder ensemble deux végétaux distincts, appartenant à des espèces différentes et obtenir ainsi un individu composite, ayant, par exemple, les racines d'une Aubépine et les rameaux d'un Poirier.

FIGURE 4. — Colonie nageante de *Halistemma tergestinum* (Siphonophore). Toute la colonie provient du bourgeonnement répété d'un animal d'abord unique. Elle comprend sept sortes d'animaux fixés sur une tige commune : *Pn*, pneumatophore : animal occupant le sommet de la tige; il est rempli de gaz et sert à la flottaison. *S*, vésicules natatoires : animaux chargés de la locomotion. *P*, polypes : animaux chargés de l'alimentation. *D*, boucliers : animaux chargés de la protection (voir aussi figure 5). *T*, tentacules (figure 5) : animaux chargés d'explorer le liquide voisin; ils sont munis de filaments préhensiles (*Sf*, figure 5) et de boutons urticants *Nk*. *Mg*, animaux sexués, mâles (figure 5). *Wg*, animaux sexués, femelles (figure 5). (D'après CLAUS.)

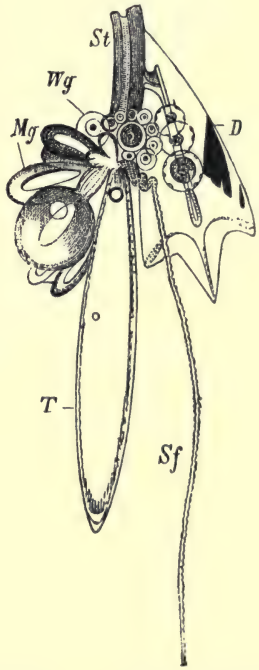


FIGURE 5. — Portion d'une tige (*St*) de *Halistemma tergestinum*, plus grossie. Pour l'explication des lettres *D*, *T*, *Sf*, *Wg*, *Mg*, voir la figure 4.

(D'après CLAUS.)

Mais revenons aux cellules de Saule. Serions-nous pourtant autorisés à appeler chaque cellule un individu? Non, car dans la plante telle qu'elle se présente d'abord, les cellules ne jouissent pas à proprement parler de l'individualité. En effet, il existe entre elles

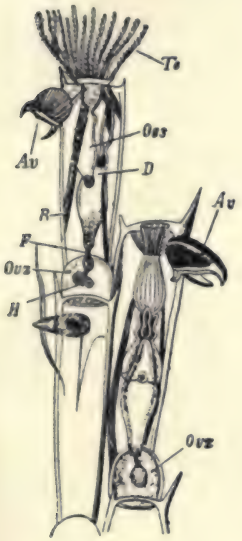


FIGURE 6. — Portion fortement grossie d'une colonie fixée de *Bugula avicularia* (Bryozoaire). Toute la colonie provient du bourgeonnement répété d'un animal d'abord unique. Elle comprend maintenant trois sortes d'animaux :

1° Les animaux nourriciers, contenus dans de grandes loges. En haut, un exemplaire épanoui, montrant ses tentacules (*Te*), son œsophage (*Oes*), son estomac (*D*), son muscle rétracteur (*R*) et son funicule (*F*) ; en bas, un exemplaire rétracté.

2° Les ovicelles (*Ovz*) : animaux réduits dont la loge sert de réceptacle pour le développement d'un œuf provenant de l'animal placé en dessous.

3° Les aviculaires (*Av*) : animaux chargés de capturer les proies et de les passer aux animaux nourriciers. (D'après CLAUS.)

des communications protoplasmiques qui les rendent dépendantes les unes des autres. Peut-être, en somme, serait-il logique de définir l'individu : le domaine des protoplasmes communicants, des cellules entre lesquelles il existe des relations organiques incessantes.

*
* *

Mais ce qu'il importe de vous exposer, c'est moins une définition de l'individu que sa genèse. Partons donc des êtres inférieurs pour nous élever graduellement jusqu'aux sociétés humaines.

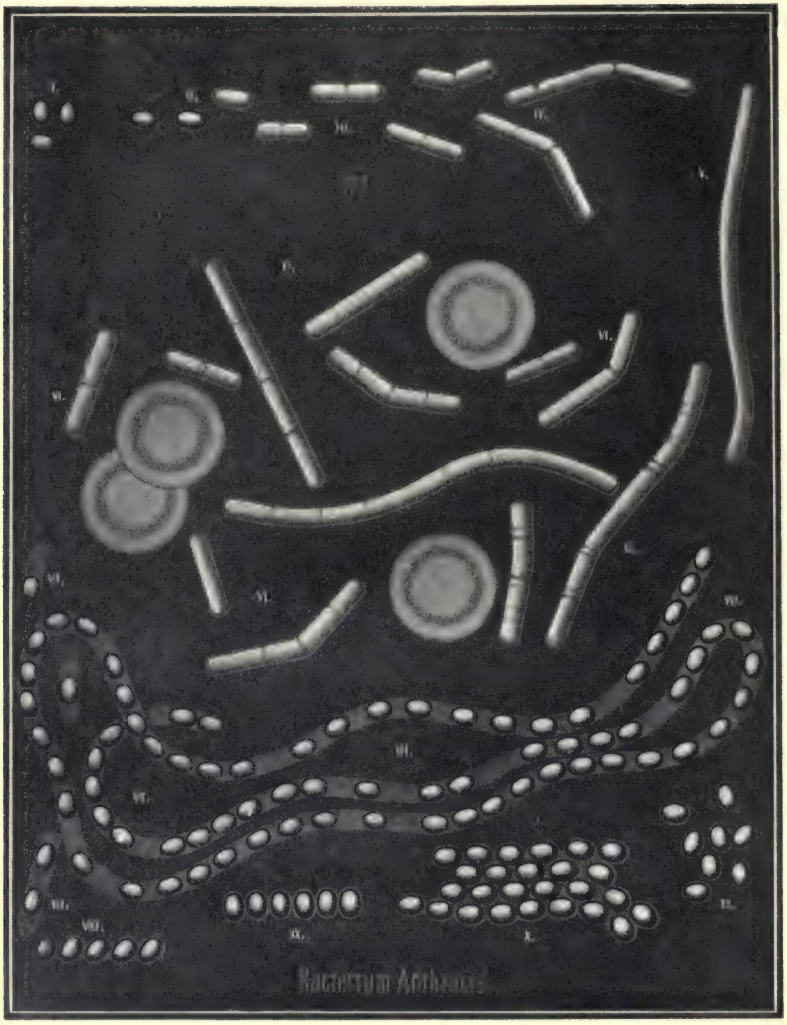


FIGURE 7. — Bactérie du charbon (*Bacterium anthracis*).

I. Spores. — II Germination des spores. — III. Les cellules de la Bactérie s'allongeant et se divisant aussitôt. — IV, V. Formation de filaments constitués par des cellules restant juxtaposées bout à bout après la division. — VI. Filaments dans le sang d'un animal atteint de charbon. On peut se rendre compte de la dimension des Bactéries par celle des globules rouges du sang, dont quatre exemplaires sont figurés. Les globules rouges ont un diamètre de 7 à 8 millièmes de millimètre. — VII, VIII, IX, X. Filaments formant des spores. — XI. Spores isolées, après la désagrégation des filaments. (D'après DODEL-PORT.)

Inapplicable aux organismes peu spécialisés, où elle se confond avec la notion d'espèce, nous allons voir surgir, se différencier, grandir, s'épanouir la notion d'individu à mesure que l'organisation s'élève.

Voici d'abord des Bactéries (figure 7). Ce sont des organismes extrêmement petits, n'ayant qu'un

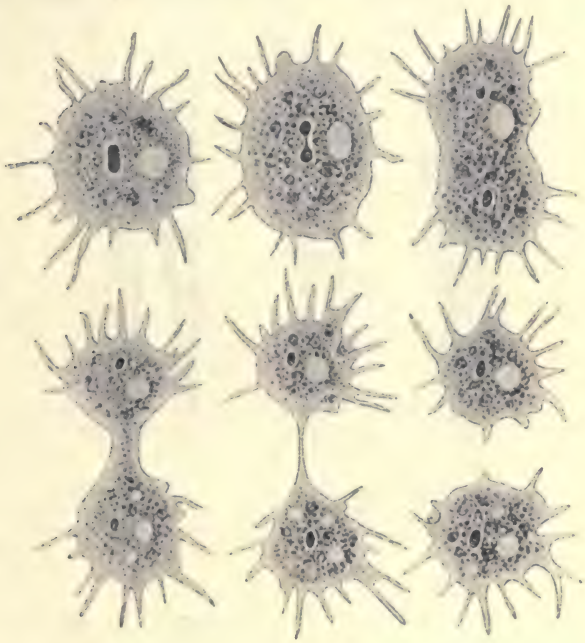


FIGURE 8. — Phases successives de la division d'une Amibe (*Amœba polypodia*). (D'après F. E. SCHULTZE. Copié dans LANG, *Vergleichende Anatomie.*)

millième de millimètre de largeur sur un ou deux millièmes de millimètre de longueur. Il en faudrait dix mille, mis bout à bout, pour faire la largeur d'un doigt, et on en placerait facilement mille milliards dans un petit dé à coudre. Ces cellules ne semblent

croître que pour se diviser aussitôt. Dès qu'elles ont atteint leur taille habituelle, elles s'étranglent par le milieu et subissent tout de suite la bipartition.

Qu'est-ce donc ici que la vie individuelle? Il n'y en a pas. Il n'y a pas autre chose que la vie de l'espèce : des générations succèdent aux générations,

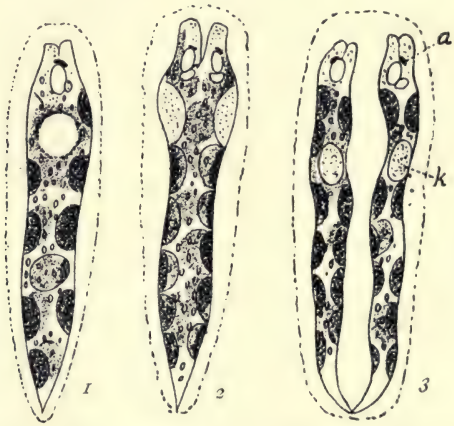


FIGURE 9. — *Euglena deses* (Flagellate) en division : *a*, tache oculaire ; *k*, noyau. (D'après G. KLEBS. Copié dans OLTMANNS, *Algen*.)

sans que jamais il y ait rien au delà de la cellule isolée, ou des filaments formés par des cellules entre lesquelles il n'existe aucune relation organique, et qui peuvent donc à chaque instant se séparer les unes des autres.

Dans les Bactéries, l'individu n'est rien, l'espèce est tout ; c'est elle seule qui compte. Voici quelques figures, suffisamment explicites par elles-mêmes, et qui n'ont pas besoin d'être commentées, montrant qu'il en est de même pour une Amibe (*Amoeba polypodia*, figure 8), pour des Flagellates (*Euglena deses*, figure 9, et *Ceratium*

tripos, figures 10 et 11) et pour des Algues inférieures (*Monostroma*, figure 12). Les choses se présentent

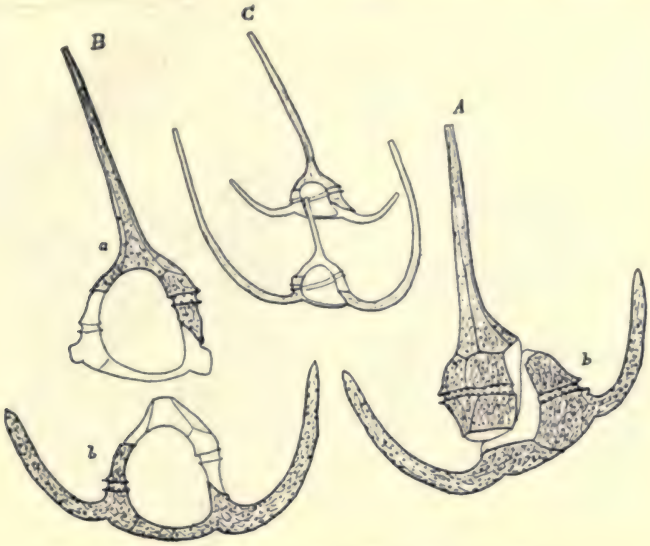


FIGURE 10. — *Ceratium tripos* (Flagellate) en division.
(*A* et *B*, d'après SCHÜTT. *C*, d'après BERG. Copié dans SCHÜTT.)

FIGURE 11. — Chaîne formée de cellules de *Ceratium tripos*, issues de bipartitions successives. (D'après SCHÜTT.)

encore de la même façon chez beaucoup d'autres organismes unicellulaires, par exemple chez les Infusoires, soit que leur multiplication s'opère par simple bipartition, comme dans les organismes précédents, soit qu'elle se fasse par bourgeonnement comme dans *Spirochona* (figures 13 et 14).

*
* *

Quittons les êtres uni-

cellulaires pour examiner des organismes pluricellulaires homogènes, c'est-à-dire dont toutes les cellules ont exactement la même structure et les mêmes fonctions.

Voici deux organismes, rattachés soit aux Flagellates, soit aux Algues inférieures : *Pandorina morum*

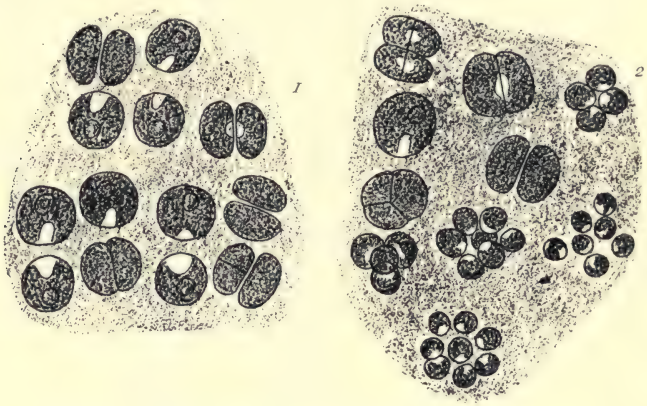


FIGURE 12. — *Monostroma* en division.
(D'après REINKE. Copié dans OLTMANNS, *Algen*.)

(figure 15) et *Eudorina elegans* (figures 16 et 17). Chez tous les deux la colonie adulte est composée de seize cellules, et chacune de celles-ci peut donner, par division, une nouvelle colonie. Mais il peut se produire aussi, aux dépens de toutes les cellules, soit des gamètes semblables, s'accouplant deux à deux, soit des cellules sexuelles différenciées en œufs et spermatozoïdes. Une fois la reproduction — asexuelle ou sexuelle — accomplie, il ne reste rien de l'être primitif, ou plutôt il se retrouve tout entier dans ses descendants et rien de lui n'est mort.

Ici encore, l'individu n'a aucune existence autonome, il se confond avec l'espèce : il n'est, pour-

rait-on dire, que le moule passager des germes de l'espèce.

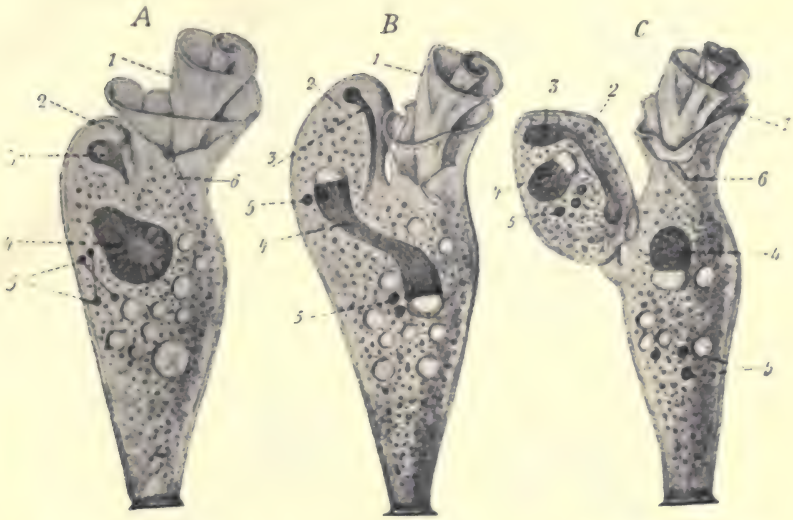


FIGURE 13. — Phases successives de la formation d'un bourgeon chez *Spirochona gemmipara* (Infusoire Péritriche) : 1, péristome. — 2, bourgeon. — 3, ébauche de péristome dans le bourgeon. — 4, macronucléus. — 5, micronucléus. — 6, pharynx.

(D'après R. HERTWIG. Copié dans LANG, *Vergleichende Anatomie.*)

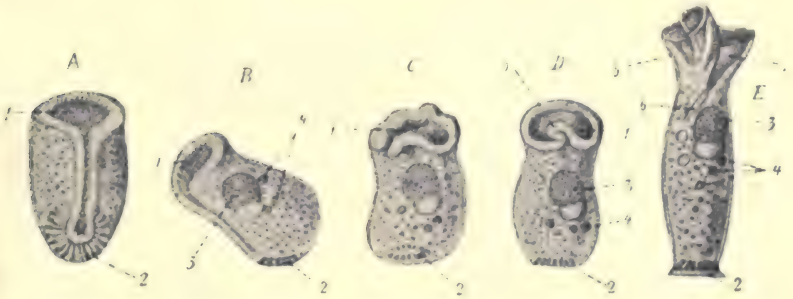


FIGURE 14. — Développement d'un bourgeon après sa séparation de la cellule mère : 1, ébauche de péristome. — 2, disque adhésif. — 3, macronucléus. — 4, micronucléus. — 5, péristome complètement formé.

(D'après R. HERTWIG. Copié dans LANG, *Vergleichende Anatomie.*)

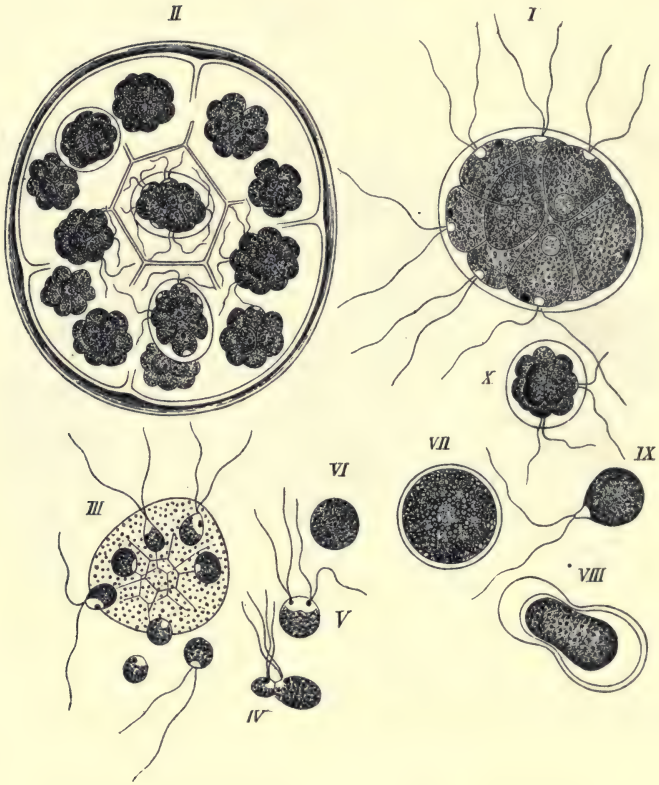


FIGURE 15. — Développement de *Pandorina morum*.

I. Colonie mobile, nageant librement, composée de seize cellules semblables, possédant deux fouets. — II. Chacune des seize cellules s'est divisée quatre fois de suite, de façon à donner seize cellules. Il y a donc maintenant, dans la masse gélatineuse qui enfermait la colonie primitive, seize colonies-filles. Celles-ci s'isolent et se mettent à nager librement. — III. Une colonie-fille dont les cellules s'isolent les unes des autres. Ces cellules nagent un certain temps, puis s'unissent deux à deux : ce sont des cellules sexuelles ou gamètes. — IV, V. Union de gamètes. — VI. Cellule plus grosse résultant de la conjugaison de deux gamètes : c'est une zygote. — VII. La même, après croissance. — VIII, IX. Germination de la zygote : elle donne une grosse cellule mobile avec deux fouets. — X Jeune colonie, analogue à celle de I, provenant de la division quatre fois répétée de la cellule mobile de IX.

(D'après PRINGSHEIM. Copié dans ENGLER UND PRANTL, *Pflanzenfamilien*.)

*
* *

Nous arrivons enfin aux êtres pluricellulaires hétérogènes chez lesquels nous constatons l'apparition et la différenciation graduelle de l'individu.

Voyons d'abord *Volvox globator* (figures 18 et 19). C'est une colonie relativement énorme, atteignant jusqu'à un millimètre de diamètre, et constituée par plusieurs milliers de cellules, toutes semblables et groupées à la surface d'une sphère gélatineuse. Mais contrairement aux colonies que nous avons vues jusqu'ici, la colonie de *Volvox* n'est pas un simple agrégat de cellules : en effet celles-ci communiquent entre elles, et possèdent donc des relations protoplasmiques. Aussi la colonie dans son ensemble fonctionne-t-elle comme un véritable organisme pluricellulaire dans lequel s'est accomplie une division du travail. Ainsi, la sphère ne nage pas indifféremment dans un sens quelconque : elle dirige toujours en avant un même pôle ; d'autre part, lors de la formation de colonies-filles, il n'y a qu'un petit nombre de cellules qui se divisent, tandis que toutes les autres conservent leurs fonctions habituelles. De même, il n'y a qu'une minorité de cellules qui deviennent des œufs ou des spermatozoïdes. La division du travail entraîne la mort cellulaire : alors que chez *Pandorina* (figure 15) et chez *Eudorina* (figures 16 et 17), toutes les cellules d'une colonie sont également aptes à devenir le point de départ de la formation de colonies-filles ou de gamètes, chez *Volvox* il n'y a qu'une minime fraction du nombre total des cellules qui prenne part à la reproduction, et toutes les autres meurent bientôt.

Un pas de plus. La figure 20 représente une petite plante de *Fucus platycarpus*, une Algue brune bien connue, qui vit sur les brise-lames et les estacades de nos côtes. Certains rameaux sont renflés au sommet et une section opérée dans cette portion épaissie

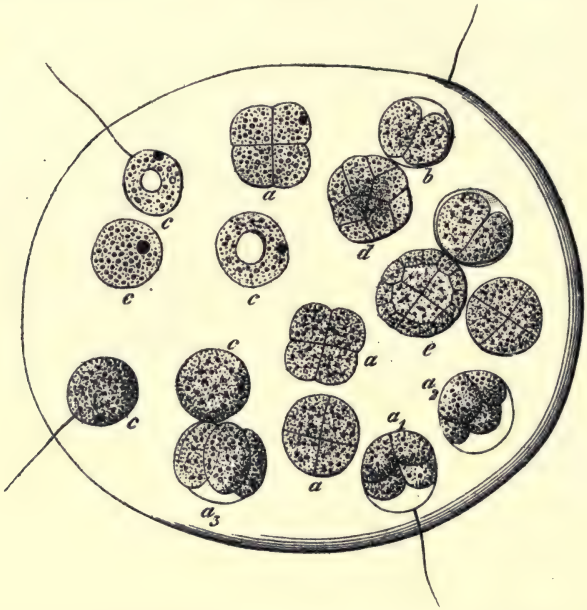
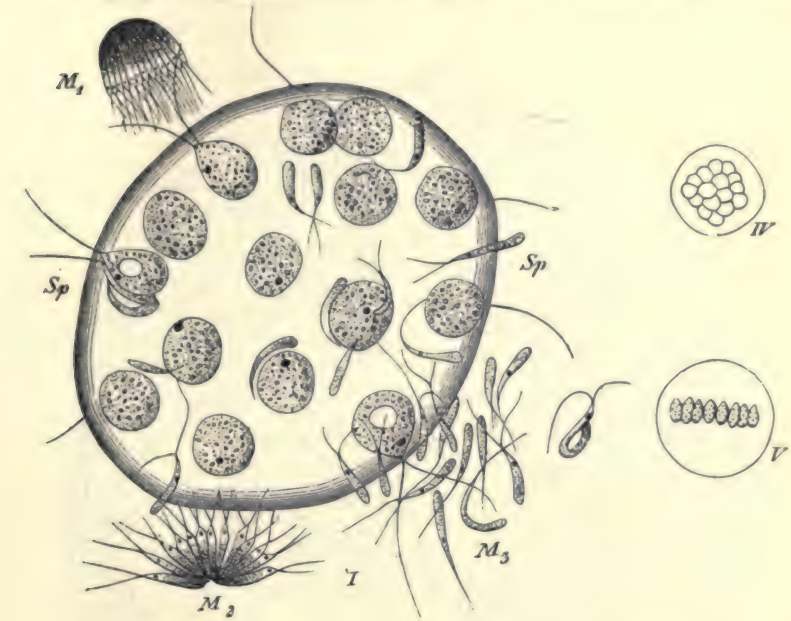


FIGURE 16. — Formation de colonies-filles dans une colonie-mère d'*Eudorina elegans*. La colonie-mère est composée de seize cellules et provient de la division quatre fois répétée d'une cellule unique. De nouvelles colonies-filles sont en voie de formation. — *c*, cellules encore indivises. — *b*, *a*, *d*, *e*, stades successifs de la division.

(D'après GOEBEL. Copié dans ENGLER UND PRANTL, *Pflanzenfamilien*.)

(figure 21) nous montre qu'en dessous de la surface il y a des cavités tapissées par les organes sexuels. Ceux-ci sont de deux sortes : les uns, mâles, ayant la forme de petits bouquets ou de buissons ramifiés, dont chaque cellule produit beaucoup de spermatozoïdes;

les autres, femelles (figure 22), globuleux ou elliptiques, d'abord unicellulaires et produisant par trois



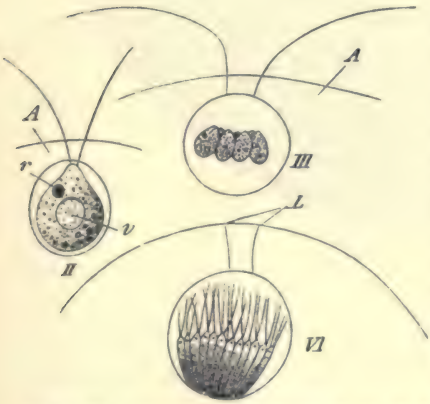


FIGURE 17. — Formation de spermatozoïdes et fécondation chez *Eudorina elegans*.

I. Une colonie dans laquelle toutes les cellules se sont transformées en œufs. Des spermatozoïdes (*sp*) viennent nager près de cette colonie femelle et conjuguer avec les œufs. Les spermatozoïdes arrivent par faisceaux (M_1, M_2, M_3) dont l'origine est indiquée en II à VI. — II. L'une des cellules d'une colonie dont toutes les cellules vont se transformer en faisceaux de spermatozoïdes. Actuellement, les cellules de cette colonie mâle ont encore la structure des colonies habituelles : *A*, surface de la colonie ; *r*, tache oculaire ; *v*, vacuole contractile. — III, IV, V. Division de cette cellule. — VI. Un faisceau de spermatozoïdes prêts à quitter la colonie mâle.

(D'après GOEBEL. Copié dans ENGLER UND PRANTL, *Pflanzenfamilien*.)

divisions successives huit œufs. Spermatozoïdes et œufs sont mis en liberté à marée basse et la fécon-

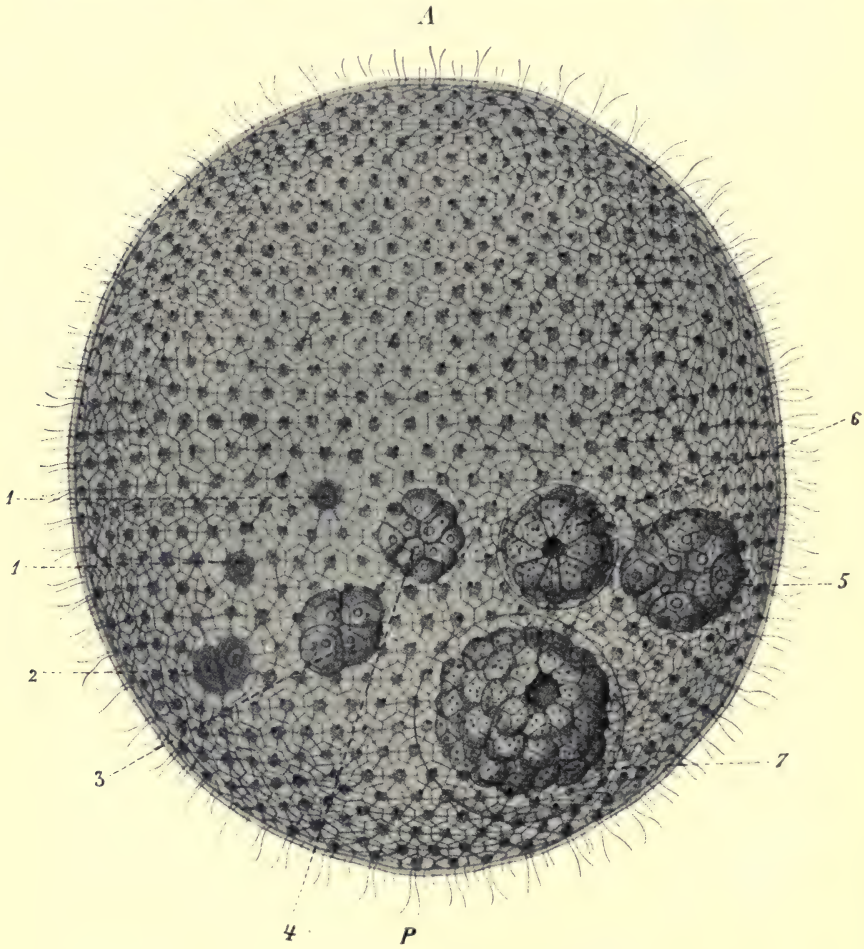


FIGURE 18. — Colonie de *Volvox globator* formant des colonies-filles. Le diamètre de la colonie est compris entre un demi-millimètre et un millimètre. Les cellules sont inscrites dans un hexagone. Chacune porte deux fouets et une tache oculaire; elles communiquent entre elles par des prolongements protoplasmiques. La colonie entière possède donc une individualité propre; elle nage toujours dans le même sens : *A*, son pôle antérieur; *P*, son pôle postérieur. 1 à 7, cellules qui se divisent pour produire des colonies-filles. Quand celles-ci sont mises en liberté, toutes les autres cellules meurent. (D'après KLEIN et OVERTON. Copié dans LANG, *Vergleichende Anatomie*).

dation (figure 23) s'opère au flux suivant. Aussitôt fécondé, l'œuf se divise et forme un nouvel individu.

Ici la disproportion entre la partie de l'être qui intervient dans la reproduction et celle qui est stérile est encore plus grande que chez *Volvox*. En outre, alors que les cellules non reproductrices de ce dernier

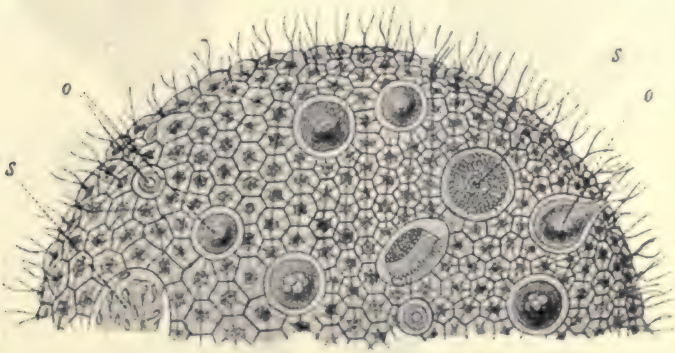


FIGURE 19. — Portion d'une colonie de *Volvox globator* produisant des cellules sexuelles, et non des colonies-filles (comparer avec la figure 18). Les cellules ordinaires ont la même structure que dans la figure 18. Certaines de ces cellules se sont divisées un grand nombre de fois et ont formé chacune un faisceau de spermatozoïdes (*S*). D'autres ont grossi, sans se diviser, et sont devenues des œufs (*O*). Après la fécondation de ceux-ci, toute la colonie se désagrège et les cellules ordinaires meurent.
(D'après CIENKOWSKY et BÜTSCHLI. Copié dans LANG, *Vergleichende Anatomie.*)

meurent lors de la reproduction, chez *Fucus* les cellules stériles survivent longuement à cet acte, et une même plante peut donner des cellules sexuelles beaucoup d'années de suite.

Ainsi, au lieu que les générations succèdent aux générations, incessamment et comme par un enchaînement continu, nous voyons s'intercaler dans le développement de l'espèce une phase individualiste, c'est-à-dire une phase où l'être vit pour lui-même, où il étale

FIGURE 20. — Une plante de *Fucus platycarpus* (Algue brune) portant à l'extrémité de certains rameaux des renflements dans lesquels naissent les cellules reproductrices (voir figure 21). (D'après THURET.)

FIGURE 21. — Spermatozoïdes de *Fucus platycarpus* : 2, coupe transversale d'un renflement de rameau de *Fucus platycarpus* (figure 20). — 3, portion plus fortement grossie montrant une cavité dont la paroi est tapissée par les organes sexuels. — 4, portion encore plus grossie de cette paroi. On y voit des bouquets de cellules produisant des spermatozoïdes et de grosses cellules, opaques, dans lesquelles naissent les œufs (voir figure 22). — 5 et 6, un des bouquets plus grossi. — 7, spermatozoïdes naissant dans les cellules des bouquets. (D'après THURET.)

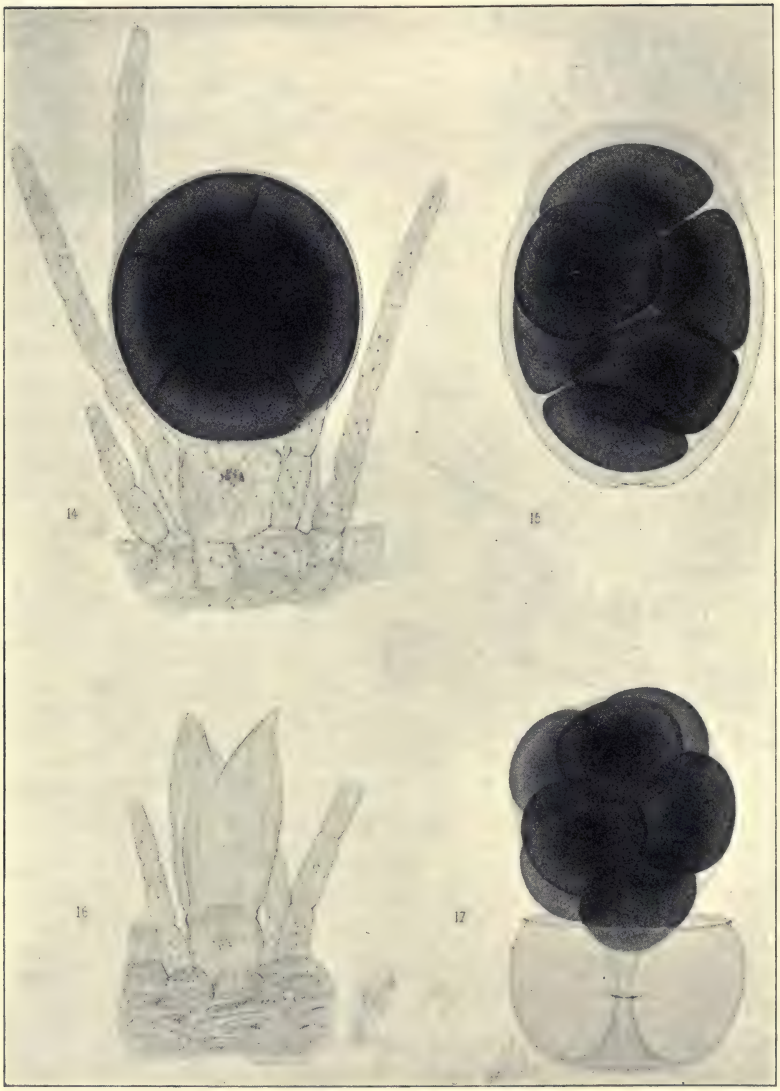


FIGURE 22. — Œufs de *Fucus platycarpus* : 14, l'une des grosses cellules de la paroi d'une cavité (voir figure 21, nº 4) en voie de division. — 15 et 17, formation de huit œufs dans chaque cellule. — 16, les œufs sont mis en liberté et l'enveloppe vide se flétrit. (D'après THURET.)

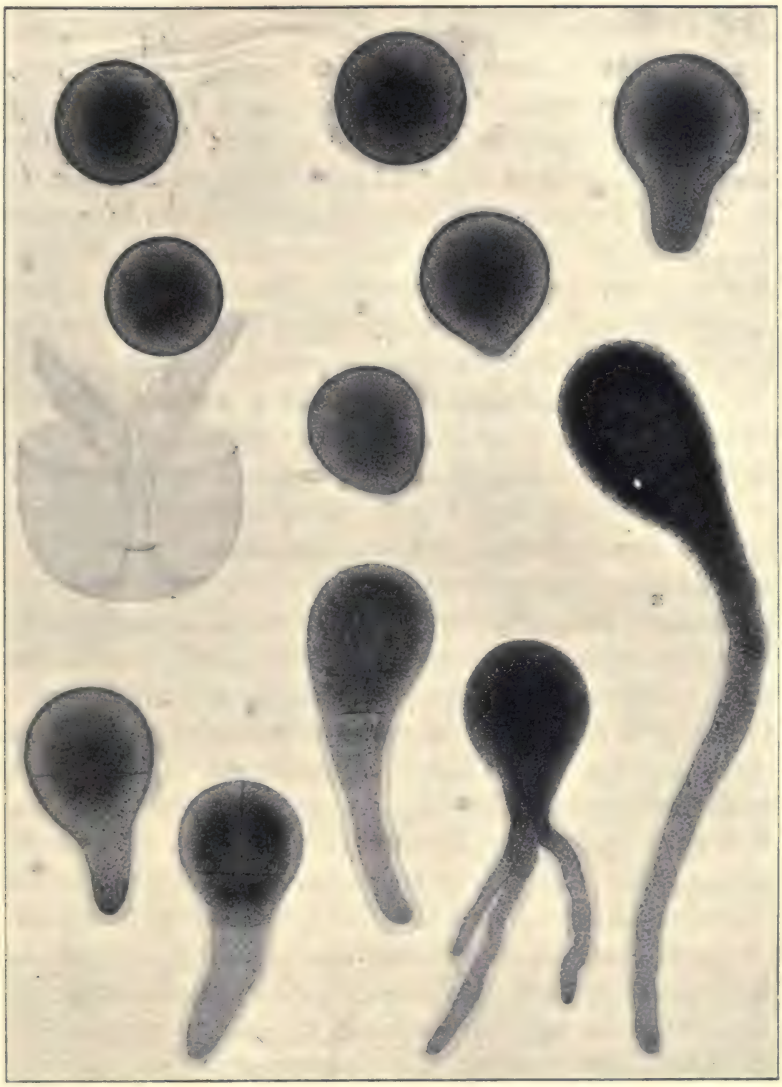


FIGURE 23. — Fécondation et germination de *Fucus platycarpus* : 18, mise en liberté d'un œuf et sa fécondation par l'un des nombreux spermatozoïdes qui nagent près de lui. — 19, œuf fécondé. — 20 à 23, germination de l'œuf. (D'après THURET.)

ses propres organes et les développe, où il satisfait ses propres besoins.

Cette différenciation qui fait éclore l'individualité amène une double conséquence : avec elle, apparaît l'amour; elle amène à sa suite la mort. Qu'est-ce, en effet, que l'amour, ce sentiment auguste et profond qui élève en quelque sorte l'organisme en dehors et au-dessus de lui-même, ce reflet de l'espèce dans l'individu et de l'avenir dans le présent, sinon la part que réclame l'individu jusque dans la conservation de l'espèce? Eh bien! si nous prenons ce mot d'amour dans son sens le plus large, c'est à partir des êtres hétérogènes qu'il trouve son application, car il y a chez eux quelque chose qui prépare la génération nouvelle et qui survit à la procréation de celle-ci, c'est-à-dire quelque chose qui désire et qui se souvient.

Quant à la mort, nous la rencontrons aussi pour la première fois chez les êtres hétérogènes : en effet, chez les êtres homogènes, l'individu se confond avec l'espèce; il n'existe qu'en elle. L'individu partage, en même temps que l'impersonnalité de l'espèce, son immortalité. Souvenez-vous de ce que nous venons de voir chez *Pandorina* : de tels êtres se résolvent pour se retrouver tout entiers en leurs descendants; en eux rien ne meurt. En revanche, une fois que la vie individuelle se manifeste bien distincte de l'espèce, survient la mortalité qui est le propre de l'individu. Ainsi, la mort nous apparaît comme la rançon de l'individualité et de l'amour. Comment ne pas se souvenir alors de la légende adamique, qui rattache déjà l'une à l'autre ?

Désormais donc, l'individu s'est réservé une place dans la vie spécifique; son existence a un commence-

ment et une fin : il naît, il se reproduit, il meurt; mais il vit aussi pour soi-même. L'arbre qui dure des siècles, l'animal qui ne succombe pas dans la période où il procrée, nous montrent pleinement cette superbe expansion de l'individu. Mais dans cette évolution de l'individualité, nous pouvons encore, avec TOPINARD (1), reconnaître deux étapes successives qu'il est aisé de distinguer entre elles.

C'est d'abord l'étape à laquelle parviennent les êtres supérieurs les plus centralisés, tels que les Vertébrés. Ils ont acquis un organe de coordination, le système nerveux central, par lequel toutes les parties de l'individu sont maintenues en relation directe et ininterrompue : tout ce qui se passe dans une portion quelconque va aussitôt retentir sur l'économie tout entière. De même que les organes reproducteurs sont le siège par excellence des fonctions spécifiques, le cerveau est la plus haute expression de l'individu, il est l'organe du moi. Pour les êtres supérieurs, ne doit-on pas, comme l'indique TOPINARD, affirmer que le cerveau s'identifie avec l'existence individuelle et que sa fonction se confond avec l'être lui-même? Aux seuls animaux centralisés peut s'appliquer l'aphorisme cartésien : *Cogito, ergo sum.*

Mais il est encore un second degré dans cette évolution.

C'est toujours par une différenciation croissante que se manifeste le progrès dans la nature ; ainsi en est-il des espèces aussi bien que des individus. Une différenciation par division du travail se fait entre individus d'une même espèce, comme nous l'avons vu tantôt se faire entre cellules d'un même organisme. Les indivi-

(1) TOPINARD, *L'Anthropologie et la Science sociale*. 1900.

dus ne sont plus identiques entre eux ; on ne peut les confondre ; ils ont cessé d'être fongibles ; chacun a son cachet propre et devient une personne. Réunies entre elles, les personnes de même espèce forment une société.

Ainsi, d'une part, chez les êtres très inférieurs, nous voyons l'individu s'absorber dans le groupe et ne vivre que pour celui-ci ; tandis que, d'autre part, s'affirme l'individualité, à mesure même que l'organisation s'élève et se perfectionne. C'est là, sans doute, ce qui distingue le plus nettement les êtres que nous qualifions de supérieurs de ceux que nous appelons inférieurs.

Tout comme l'amour et la mort, les individus et les personnes sont donc des nouveautés dans l'histoire du monde, des progrès, et nous n'en pourrions guère imaginer de plus grands. Cette innovation est pourtant assez ancienne et assez apparente pour frapper tous les esprits. Aussi conçoit-on difficilement l'erreur de ceux qui la méconnaissent et qui n'aperçoivent dans la nature que la seule conservation de l'espèce. SCHOPENHAUER (1), dont la philosophie fort à la mode à la fin du XIXe siècle, est peut-être la cause de cette aberration : SCHOPENHAUER sacrifie l'individu à l'espèce. C'est là, nous semble-t-il, l'une des sources de son pessimisme. Négliger les individus au profit de la collectivité ou de l'espèce, amoindrir leur rôle pour ne voir que celui des masses dans lesquelles ils disparaissent, c'est ignorer l'histoire de la vie autant que celle de l'humanité, c'est retourner en arrière. Le pessimisme n'est-il pas une des conséquences naturelles de l'esprit rétrograde qui lutte en vain contre tout changement,

(1) SCHOPENHAUER, *Die Welt als Wille und Vorstellung*, 1879.

c'est-à-dire contre tout progrès? Une réaction énergique est plus que jamais nécessaire, aujourd'hui que tout semble conspirer à diminuer, à atrophier l'action individuelle et à hypertrophier, au contraire, l'action collective. SPENCER (1) n'a-t-il pas jeté le cri d'alarme dans son livre l'*Individu contre l'État?* Donnant à son œuvre un titre bien suggestif pour ses lecteurs anglais, *The Man versus the State,* il nous rappelle qu'un véritable procès est engagé entre les deux adversaires, qu'une contestation s'est élevée quant à leur domaine respectif, entre l'individu et l'État. SPENCER fait du premier le demandeur en justice, ce qui nous indique que c'est lui aujourd'hui le lésé ou le dépossédé. Gardons-nous de saluer l'individualisme comme on salue une grande idée qui s'en va! Essayons — car nous sommes tous juges en même temps que parties dans ce grand conflit — essayons de lutter pour sa restauration et pour son maintien. Sans doute, la phase étatique dans laquelle nous vivons sera-t-elle passagère; elle a sa raison d'être et, pour comprendre son origine, pour expliquer son triomphe, il suffit de se reporter quelque peu en arrière et de constater les excès contraires auxquels elle est appelée à porter remède. Trop longtemps on a donné dans l'histoire une place exagérée à quelques faits individuels; on rattachait à un homme, à un nom, à un règne, toute une civilisation, avec son régime économique, ses progrès intellectuels et moraux: « Le siècle d'Auguste », « Le siècle de Louis XIV ». La réaction fut légitime et nécessaire, et, si l'un des meilleurs parmi nos historiens nationaux donnait naguère encore pour titre à son œuvre maîtresse : *Le siècle des Artevelde,* au moins

(1) H. SPENCER, *Principles of sociology* et *The Man versus the State,* Londres.

chercha-t-il dans le peuple les hommes représentatifs qu'il mettait ainsi en vedette, afin d'affirmer la grandeur de l'action collective et l'existence de la force impersonnelle qui les guidaient. Certes, il est légitime d'oublier les princes et leur cour, les capitaines et leurs faits d'armes, pour montrer le rôle joué par les masses populaires, pour dire leurs souffrances et leurs espoirs; les unes et les autres doivent nous arrêter dans le passé, nous émouvoir dans le présent, nous préoccuper dans l'avenir. Mais ce n'est pas une raison pour tomber dans le défaut opposé. Sous l'influence de causes multiples, on en est venu à nier presque l'importance historique des individualités. Pourtant, leur rôle s'affirme partout, et dans le domaine des idées plus qu'ailleurs. Ne sont-ce pas les idées en définitive qui conduisent le monde? Ne devons-nous pas voir en elles les véritables forces impulsives qui font avancer l'humanité? A qui les devons-nous? Ce n'est certes point à des collectivités anonymes.

Pas n'est besoin de rappeler le rôle des individus dans la science. Nous le savons, il est des gens pour défendre cette thèse que sans Kepler, sans Galilée et sans Newton, l'astronomie aurait fini par arriver à un degré d'avancement équivalent à celui où l'ont porté ces génies. Mais combien pénible, combien lente eût été pareille marche ascendante! Et quand serions-nous arrivés à ces sommets où, grâce à eux, nous nous sommes sentis élevés en quelques sublimes envolées?

Les êtres d'élite doivent, il est vrai, beaucoup au milieu où ils ont vécu. Comme les moindres d'entre nous, ils sont reliés aux autres hommes par des fils subtils qui, à leur insu, font d'eux les éléments d'un même tissu social. Ce qui n'empêche que les progrès,

dans le domaine de la pensée, ont toujours été l'œuvre de quelques individus : la foule est essentiellement « suiveuse ». Comme le faisait remarquer dernièrement GEORGES BRANDÈS, dans son livre sur *Le grand Homme* (1) : « Même les œuvres prétendues collectives, les chants populaires, par exemple, n'ont pas été composés par une foule. Elles émanent d'un seul.... » Toujours il a fallu qu'un coryphée chantât d'abord pour qu'ensuite le motif pût être repris en chœur par le grand nombre.

L'individu est le véritable initiateur. C'est lui encore qui donne à toute conception de l'esprit sa forme définie et définitive. De même que les vibrations de l'air ne deviennent des sons que là où il y a une oreille pour les percevoir, et une musique que là où il y a une sensibilité pour être émue par elles, ainsi l'âme des foules, comme on l'appelle, ne prend conscience de soi-même que lorsqu'elle a été reflétée et transfigurée par quelque individualité puissante. Si la science moderne a parfois été indulgente envers les foules au point de paraître flatteuse à leur égard, elle se ressaisit et dans plus d'un domaine elle ramène l'action collective à sa juste valeur —, oserions-nous dire à sa juste non-valeur? Écoutez certains criminalistes de l'école moderne, et avant tout TARDE (2) : n'a-t-il pas établi qu'intellectuellement une foule vaut toujours moins que les individus qui la composent? Les traits communs de brutalité native et de simplisme enfantin s'ajoutent, se superposent, se renforcent, tandis que les qualités personnelles, les supériorités individuelles, comme tout ce qui dépasse, proémine ou s'élève,

(1) GEORGES BRANDÈS, *Le grand Homme : Origine et fin de la civilisation*. Paris, 1903.

(2) TARDE, *L'Opinion et la foule*. Paris, 1901.

viennent nécessairement se neutraliser et disparaître. La foule, c'est la totalisation des médiocrités, et l'effacement des élites !

Ah ! si nous avions le temps d'approfondir cette notion de l'individu telle qu'elle résulte de notre rapide examen biologique, nous y découvririons, si je ne me trompe, tout un programme fécond d'action politique et d'effort social.

Et d'abord, nous apercevrions les périls que court la personnalité humaine : j'en vois plus d'un qui nous menace. Dussé-je par là déplaire à quelques-uns de mes auditeurs, je veux tout au moins signaler deux écueils qui se dressent redoutables tout près de nous : d'un côté l'abandon de la personnalité au profit de la Divinité ou de ceux qui se disent ses représentants sur terre — c'est le péril théocratique —; de l'autre, l'abandon de la personnalité au profit de la communauté sociale ou de ceux qui se disent ses porte-parole — c'est le péril ochlocratique. Entre l'un et l'autre écueil, il n'est pas de trop de la vigilance de nos meilleurs pilotes pour guider la barque dans laquelle nous voguons. Déclarons avec le poète (celui-là même qu'un certain Ribeaucourt appelait « individu » et dont il est, partant, bien légitime de citer le nom ce soir), déclarons avec Victor Hugo que (1)

. . . . . Nous ne voulons, nous autres,

. . . . . .

Pas plus du tyran Tous que du despote Un Seul !

N'abdiquons jamais notre personnalité, ni devant les suggestions d'un homme, quelque sacré que soit

(1) Victor Hugo, *L'Année terrible* (prologue).

le caractère dont il se prétende revêtu, ni devant les clameurs d'une foule, quelque nombreuse qu'elle soit.

Poursuivant notre examen, nous comprendrions ensuite que les abus de l'interventionnisme dans la société reposent essentiellement sur l'oubli des individualités concrètes qui la composent, sur cette idée fausse que la société est un être en soi, alors qu'elle nous apparaît au contraire comme la simple résultante d'une évolution naturelle. C'est là ce que le penseur que je n'hésite pas à regarder comme le plus grand philosophe de ce temps, HERBERT SPENCER, a admirablement développé dans l'étude déjà mentionnée ici, *The Man versus the State*. La lecture de ce livre s'impose aujourd'hui à tous ceux dont les idées sont flottantes et imprécises sur ce grave sujet. Ils y apprendront à se garer d'une erreur enfantine actuellement trop répandue, qui consiste à croire que les questions sociales se peuvent résoudre par un peu de liberté en moins et quelques fonctionnaires en plus. Des fonctionnaires, nous n'en avons que trop déjà, et des bureaux, et des ministères, et des commissions! Toujours on se fie à des collectivités impersonnelles; toujours on s'en remet à autrui, alors qu'il vaudrait bien mieux commencer par agir soi-même. L'attirance de l'État, l'abus du fonctionnarisme se manifestent jusque dans la vie de famille, les parents rêvant pour l'avenir de leurs enfants « une place ». Quand il en a fait un fonctionnaire, le père croit avoir tout fait pour son fils. N'aurait-il pas, au contraire, bien mieux agi en éveillant en lui l'esprit d'initiative? Tâchons de développer dans la jeunesse l'énergie personnelle, l'individualité. Reconnaissons la grandeur de cette notion toute anglo-saxonne du *self-supporting man;* ici encore, écoutons les conseils

d'Herbert Spencer, et comprenons la valeur de son individualisme.

Mais je ne voudrais point être mal compris. En revendiquant une place, une large place pour l'individualisme ou, si vous préférez, en vous prêchant, suivant le mot de Maeterlinck, « l'égoïsme nécessaire » (1), j'ai à peine besoin de dire que je considère comme non moins légitimes les sentiments altruistes de solidarité, qui sont à la fois la condition et la conséquence la plus précieuse peut-être de la vie sociale. Ces sentiments, heureusement aussi naturels que ceux qui nous poussent à veiller à notre propre conservation, sont pour moitié dans l'histoire du progrès humain, peu importe qu'on leur donne le nom de fraternité ou de charité, ou bien encore de solidarité ou d'esprit de sacrifice; ils marquent les pages les plus nobles de cette histoire, celles que nous relirons toujours avec le plus d'émotion et pour notre plus grand bien.

Aucune contradiction entre le sentiment individuel et le sentiment solidaire n'apparaît à nos yeux. Être individualiste, cela ne veut pas dire être isolé, mais cela veut dire se refuser à être esclave. L'individualisme trouve son complément naturel, en quelque sorte son prolongement, dans l'esprit d'association, de libre coopération des individus. Ses manifestations se multiplient à mesure que se développent les intérêts communs; on peut dire que la perfection croissante de l'individu amène autant de nouvelles causes pour lui d'affirmer l'esprit d'association, de concrétiser le sentiment de solidarité.

La conciliation des exigences individuelles et spéci-

(1) Sous ce titre, le chapitre LXVII de *La Sagesse et la Destinée* (Paris, 1898) a paru dans la *Revue de Paris*, n° du 15 août 1898.

fiques, des aspirations de chacun et des besoins de tous est le seul moyen d'assurer le bonheur et la paix sociale dans un pays. Cette conciliation est possible et les preuves abondent pour l'établir. Parmi ceux qui les ont rassemblées, mieux que cela, qui les ont illustrées par leurs œuvres, je ne vous citerai que deux hommes dont les noms brillent avec un vif éclat en des domaines bien différents.

Le premier, qui succéda à PASTEUR dans la direction de l'institut qui porte ce nom et s'est distingué autant par ses écrits que par son enseignement à l'École des Hautes Études sociales de Paris, ÉMILE DUCLAUX, traitant de « l'Hygiène sociale » (1), n'a cessé, dans ce sujet particulièrement délicat, de s'inspirer d'une définition bien juste de la liberté. « La liberté, dit-il, consiste non à se libérer de tout, ce qui est impossible, mais à choisir librement le genre de sujétion qu'on préfère. » Combien je pourrais vous redire de ces phrases claires, alertes, incisives qui expriment si bien tout ce qu'elles disent... et souvent même un peu plus! DUCLAUX nous montre, à propos des principales maladies contagieuses et des plaies sociales telles que la variole et la tuberculose, l'alcoolisme et la syphilis, l'action de l'État; mais il nous le montre surtout influant et stimulant l'action individuelle. Il nous parle, par exemple, des lois sur les assurances amenant en Allemagne la lutte contre la tuberculose, celle-ci étant conduite par les individus, par l'initiative privée, par les associations libres, au profit de la collectivité et de l'État lui-même.

Le deuxième nom que je voudrais évoquer est celui de THOMAS CARLYLE. Je n'ai point à vous présenter

(1) ÉMILE DUCLAUX, *L'Hygiène sociale*, Paris, 1902.

l'historien et le penseur ; rappelez-vous seulement que l'auteur des *Héros et du Culte des Héros* est le plus intransigeant peut-être des individualistes. S'il n'a pas collaboré à une grande œuvre de salut social comme DUCLAUX, il ne s'est pas moins intéressé personnellement aux souffrances populaires, et avec quelle ardeur et avec quel dévouement! Un de mes jeunes collègues à l'Université de Bruxelles le rappelait naguère dans un article consacré à CARLYLE, dans la *Revue de l'Université* (1). Chez CARLYLE aussi, l'individualiste n'exclut pas le solidariste.

Je vous disais au début de notre entretien qu'il fallait se garder contre cette faute si commune qui consiste à opposer entre elles les prétendues classes sociales. L'individualisme bien compris nous met à l'abri d'une semblable erreur. Il n'y a pas de « classe bourgeoise » : il y a des bourgeois; il n'y a pas de « classe ouvrière » : il y a des ouvriers. Jadis ces expressions avaient un sens précis; elles en ont encore un dans certains pays de civilisation fort éloignée de la nôtre. Mais chez nous, à notre époque, nul n'est parqué dans un enclos social comme on était enfermé dans une corporation au moyen âge ou comme on l'est encore dans une caste hindoue. Heureusement, de telles barrières infranchissables ne sont plus connues de nous : les révolutions politiques les ont fait tomber à jamais. Effaçons donc de notre dictionnaire ces vocables : l'esprit de classe, la lutte des classes; nous ne voulons plus qu'ils soient de notre temps.

Et voici enfin une dernière conséquence que nous a suggéré l'histoire naturelle. De même que la diversité

(1) H. ROLIN, *La vie et la philosophie de Thomas Carlyle* (*Revue de l'Université*, 1898-1899).

des cellules crée l'individu, de même la diversité des individus est nécessaire pour le bien de la nation, la diversité des nations pour le bien de l'humanité. Parmi les grands esprits contemporains, celui qui plus que tout autre était émancipé à cet égard des préjugés courants et qui peut à ce titre nous servir de guide, fut RENAN (1). Ses conceptions de l'histoire, de l'ethnographie, de l'hiérologie ont amené son esprit à un degré de critique qui le rapproche du scepticisme, dès qu'il s'agit d'établir une filiation entre les idées ou entre les hommes. Dans son discours intitulé *Qu'est-ce qu'une Nation?* il isole cette notion toute politique et morale de celle de race ou d'unité d'origine. « Les plus nobles pays, dit-il, l'Angleterre, la France, l'Italie, sont ceux où le sang est le plus mêlé. » Et ainsi croulent d'elles-mêmes les constructions factices échafaudées par certains sectaires dont les discours sonores et creux prêchent l'exclusivisme des doctrines ou des races, c'est-à-dire l'uniformité et la stérilité. Ne sont-ce pas les non-conformistes en toutes matières qui font progresser les systèmes, qui transforment les dogmes eux-mêmes pour les adapter à des circonstances nouvelles? Ne sont-ce pas les croisements, et nous parlons ici au physique comme au moral, qui donnent naissance aux plus beaux produits?

Essayons de nous élever plus haut encore. Nous pouvons entrevoir une étape prochaine de la civilisation dont nous apercevons seulement les premiers linéaments et à laquelle les mots de notre langue usuelle sont à peine adaptés. On commence à pressentir que les nations sont comme de hautes individualités ou des personnes d'ordre collectif, des hyperzoaires — le terme

(1) RENAN, *Qu'est-ce qu'une Nation?* Paris, 1882.

vient d'être créé. Loin de rechercher un nivellement et une confusion graduels de ces grandes individualités, la biologie nous montre que le progrès consistera là aussi dans l'affirmation de personnalités distinctes et fécondes et dans leur coopération au développement harmonique de la fédération de tous les hommes. Ainsi, mais non autrement, pourrons-nous parler un jour de cet être collectif et suprême : l'Humanité.

Une affirmation et une harmonie des individus comme base de la vie nationale; une affirmation et une fédération des nations comme expression ultime de l'humanité; voilà donc les deux conclusions et les deux espoirs auxquels nous conduit une saine appréciation du sens et de la valeur de l'individu.

L'AFFIRMATION DE LA VIE (1)

Le rôle de ceux qui se consacrent aux études biologiques doit être, non pas de dicter des actes politiques précis à la jeunesse, mais plutôt de lui faire saisir les grands aspects de la nature et de la vie, et d'en déduire quelques principes généraux de conduite politique et sociale. Les applications immédiates de ces grandes idées appartiennent alors à ceux qui s'occupent spécialement de la politique courante — et il y a tout avantage, ici comme ailleurs, à respecter une certaine division du travail.

C'est dans cet esprit que je voudrais vous parler ce soir de ce que j'entends par progrès dans la nature, ou, plus exactement, de ce que j'appelle la doctrine du progrès par l'affirmation de la vie.

Il n'est pas facile de définir le progrès, non seulement dans l'humanité, mais dans le développement de la généralité des êtres vivants, dans l'évolution organique.

On peut concevoir de deux façons opposées le progrès de ces organismes et le perfectionnement dans leurs rapports avec le milieu : ou bien, il consiste à suivre de mieux en mieux les fluctuations de ce milieu, en modelant sur lui les exigences de la vie et l'organi-

(1) Cette causerie biologique et sociologique, résumée d'après les notes très complètes de l'auteur, a été faite pour la première fois au Foyer intellectuel de Saint-Gilles, le 7 mai 1903, et successivement à la Jeunesse laïque de Bruxelles le 26 octobre 1904 et à la Fédération des étudiants libéraux unis, à Liége, le 10 novembre 1904. C'est surtout cette dernière version qui est reproduite ici.

sation même de celle-ci; ou bien, il consiste à résister à ces fluctuations, à les compenser par des réactions de force équivalente, afin de maintenir autant qu'il se peut l'organisme dans un état d'équilibre constant, malgré les vicissitudes ambiantes.

En conséquence, d'aucuns pourront s'imaginer que le progrès tend à faire accepter par les êtres vivants les éléments les plus divers, tels que le milieu les leur offre, à déposer dans leurs tissus, suivant le cas, telle ou telle sorte de réserve, à céder à toutes les influences extérieures, à adopter humblement la composition chimique, la pression osmotique, la température du milieu. Mais d'autres, au contraire, se font du progrès une conception tout opposée et que confirme — nous allons le voir — la simple observation des faits.

L'un des contrastes les plus marquants entre l'être vivant et l'objet inerte, c'est l'indépendance relative du premier vis-à-vis du milieu. Et d'abord, quels sont les milieux où se manifeste la vie? Il semble, de prime abord, qu'il y en ait plusieurs, puisque nous connaissons des organismes aquatiques, terrestres, aériens... En réalité il n'y en a qu'un : l'eau. Une cellule n'est active qu'à la condition d'être imprégnée d'eau. « C'est l'eau qui donne aux substances composant les tissus vivants la mobilité nécessaire; c'est dans l'eau que s'accomplissent, pour toutes leurs cellules, les échanges physiques et chimiques incessants qui sont l'accompagnement de la vie, qui sont la vie même (1). » Ne savons-nous pas d'ailleurs que la plupart des cellules succombent quand on les prive d'eau, et que les rares

(1) Voyez plus loin, *L'Optimum*.

organismes qui résistent à la dessiccation vivent d'une vie extrêmement ralentie jusqu'au moment où l'eau leur est rendue? En réalité, tous les organismes sont donc aquatiques : chaque cellule est en elle-même un petit aquarium; mieux que cela : elle est un aquarium à eau courante, puisque la transpiration et les sécrétions éliminent sans cesse de grandes quantités d'eau, que remplacent de nouveaux apports de liquide.

Nous voici devant un premier résultat : qu'il soit terrestre, aérien ou aquatique, l'organisme se crée son milieu.

Alors que le monde inorganique a une composition chimique des plus variables, tous les êtres vivants sont constitués par un nombre fort petit d'éléments diversement combinés : il n'y a, en effet, qu'une douzaine de corps simples qui fassent partie du protoplasme des animaux et des plantes (1). Et ces corps sont parmi les plus répandus. En quelque point de la Terre qu'il se trouve, l'organisme aura donc toujours à sa disposition les matériaux nécessaires à l'édification de ses cellules, et l'on peut dire que pour les aliments solides, comme pour l'eau, l'être vivant se libère de la nécessité de vivre dans un milieu déterminé.

Cette indépendance vis-à-vis du monde extérieur s'accentue encore lorsqu'on envisage, non plus la nature des aliments, mais les proportions des substances inorganiques qui sont emmagasinées en vue des besoins ultérieurs. Chez les êtres peu évolués, il y a encore des relations fort nettes entre la composition

(1) Voyez plus loin, *Pourquoi les éléments de la matière vivante ont-ils des poids atomiques peu élevés?*

chimique externe et les réserves intra-protoplasmiques; mais la constance de ces dernières devient de plus en plus grande à mesure qu'on envisage des êtres plus spécialisés.

Voici quelques exemples à l'appui de cette idée. Dans les grains de Blé, la proportion d'azote, qui est en moyenne de 2.08 %, peut descendre à 1.5 ou monter à 2.5; la proportion d'acide phosphorique, qui est en moyenne de 0.82 %, varie entre 0.5 et 1.2 (1). Le Tabac peut renfermer depuis 0.25 % jusqu'à 5 % de potasse, c'est-à-dire que la richesse en potasse y varie du simple au vingtuple.

Comparons aux végétaux, organismes relativement simples, et dont la composition chimique reflète encore nettement celle du terrain où ils se nourrissent, les animaux supérieurs, chez lesquels la teneur en sels est d'une constance presque absolue, malgré les très grands changements que peut subir le milieu ambiant. Leur sang, en particulier, varie à peine de composition, quel que soit le mode d'alimentation, et même, chose très curieuse, il maintient sa constance malgré un jeûne très prolongé (2). Ainsi, pour citer un cas précis, si l'on mange beaucoup de sel, on en élimine beaucoup par les reins; en revanche, en cas de diète absolue, le sang retient avec ténacité son chlorure de sodium et les reins n'en éliminent plus (3). C'est même un moyen pour le médecin de s'assurer si le malade observe strictement la diète : s'il y a du chlorure de sodium dans les sécrétions, c'est que le patient a rompu le jeûne.

(1) Muntz et Girard, *Les engrais*, volume I, pages 116 et 117.

(2) Hoppe-Seyler, *Physiologische Chemie*, pages 471 et 472.

(3) Voir Nolf, *La pression osmotique en physiologie*, dans la *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, n° du 15 juin 1901, page 541.

Ainsi, plus il a évolué, plus l'organisme maintient et affirme la composition chimique de ses aliments minéraux : ceux-ci sont tels qu'il puisse les rencontrer partout, et de plus, il a la faculté de retenir de chaque aliment exactement ce qui lui est utile.

Mais c'est surtout dans la constance des produits formés par l'organisme aux dépens des aliments que se montre son indépendance vis-à-vis du monde extérieur. Quels que soient les aliments qu'il absorbe, toujours l'individu animal ou végétal se les assimile, c'est-à-dire les transforme en des substances qui sont exactement semblables à celles qui constituent son propre protoplasme. CLAUDE BERNARD l'a dit très justement (1) : « Les produits de la digestion ne sont pas incorporés sous leur forme alimentaire, mais seulement après avoir subi une élaboration qui est le fait de l'individu et qui les dénature complètement en vue de les rendre assimilables au nouvel être. Pour employer une expression triviale, mais qui rend bien ma pensée, il faut que les matériaux nutritifs aient été préparés dans la cuisine propre de l'individu. »

Cela se remarque déjà dans une certaine mesure pour la graisse. Bien qu'un peu de graisse puisse se déposer en nature dans l'organisme animal, c'est-à-dire telle que l'aliment la fournit (expériences de LEBEDEFF, MUNK, ROSENFELD, LEUBE), la majeure partie de celle qui s'emmagasine dans les tissus est fabriquée par l'organisme au moyen d'aliments qu'il a profondément assimilés et modifiés. Rien ne montre mieux

(1) *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, 1878, volume II, page 135.

cette faculté de l'économie animale que l'expérience classique de Claude Bernard et Berthelot : ils nourrissent un chien réduit à l'inanition à l'aide de graisses ayant une constitution chimique très particulière (graisses chlorées) ; le chien engraisse, mais la graisse qu'il forme est de la graisse ordinaire.

La chose est encore plus frappante pour les hydrates de carbone. Par exemple, du glycogène (qui est dextrogyre) se produit non seulement aux dépens d'autres matières dextrogyres, mais aussi de lévulose et d'inuline (qui sont lévogyres) (1).

Ainsi, quels que soient les aliments reçus, l'organisme amasse généralement les mêmes économies ; avec les argiles les plus variées, il façonne les mêmes briques — ses briques.

Et à ce point de vue, il est intéressant de constater, d'une manière générale, que l'épargne abondante est chez les êtres vivants un signe de supériorité. Comparez l'existence précaire de la petite plante annuelle qui fleurit et fructifie à la hâte, sans rien mettre de côté, avec la plante vivace qui fait des provisions pour les années suivantes dans ses rhizomes ou ses tubercules, ou encore avec l'arbre ou l'arbuste, qui thésaurise chaque année en accumulant jalousement le capital organique, grâce auquel il résistera à la disette, et se recouvrira, au premier sourire du soleil, de feuilles et de fleurs...

Mac Leod (2) distingue ingénieusement dans les plantes, les capitalistes, chez lesquels les réserves sont abondantes et les fleurs luxueuses, des prolétaires,

(1) Hoppe-Seyler, *Physiologische Chemie*, page 1001.

(2) J. Mac Leod, *De Bevruchting der Bloemen in het Kempischgedeelte van Vlaanderen*, 1904, page 508.

dont les réserves sont faibles et les fleurs modestes. Nous pouvons aussi renverser la comparaison. Le propriétaire, le capitaliste qui ont accumulé ou qui ont trouvé en naissant d'abondantes réserves sont comparables aux graines pourvues d'un riche albumen, ou à la Betterave qui met de côté la première année pour mieux se développer et assurer le sort de sa progéniture l'année suivante. Il ne faut pas confondre un tel mode d'existence avec le parasitisme.

L'épargne est donc bien un signe de supériorité : c'est du travail mis en réserve pour l'avenir, c'est de l'effort accumulé, qui placent l'organisme à l'abri des vicissitudes du lendemain. L'organisme supérieur se crée ainsi sa réserve.

L'étude des individus comme celle des sociétés, qui sont, les uns et les autres, des constructions d'une extrême complexité, montre encore qu'il leur importe grandement d'assurer la stabilité de l'édifice, la parfaite solidité de l'ensemble.

Beaucoup d'êtres inférieurs n'ont pas de forme définie et immuable ; les Amibes et les Myxomycètes vous sont trop bien connus pour qu'il faille vous rappeler les incessantes modifications de leur contour. Tout autrement se présentent les organismes plus élevés. Songez donc aux Animaux avec leur squelette rigide, soit à l'intérieur du corps comme chez les Mammifères, soit à la périphérie comme chez les Insectes. Et surtout combien sont admirables, à ce point de vue, les végétaux avec leurs tiges souvent minces et pourtant résistantes. Un Jonc, une plante de Blé, un Palmier sont vraiment de merveilleuses choses. Mettez en parallèle, je vous prie, la Tour Eiffel, tant admirée

des ingénieurs, et une tige de Seigle. La base de la tour métallique a soixante-cinq mètres ; sa hauteur, trois cents mètres : le rapport de la base à la hauteur est un cinquième. — Un chaume de Seigle ayant trois millimètres de largeur peut atteindre une hauteur de un mètre cinquante : le rapport de la base à la hauteur est un cinq-centième.

Grâce à sa rigidité propre, l'organisme supérieur peut garder la tête haute, malgré les intempéries et les pressions du dehors. Il conquiert et maintient sa forme et sa place.

Je disais plus haut que beaucoup d'organismes peu spécialisés passent à l'état de vie latente, lorsque l'eau leur fait défaut. Il en est de même lorsque le milieu devient défavorable pour d'autres raisons, telles que le manque de chaleur ou le manque d'aliments. Alors que, dans ces conditions, les êtres inférieurs s'endorment profondément pour ne reprendre leur activité que lors du retour de circonstances favorables, les organismes supérieurs luttent énergiquement et le plus souvent parviennent à surmonter les difficultés.

Comparez, par exemple, une Mousse et une Joubarbe fixées à un même rocher. Dès que le temps est beau, en été, la Mousse exposée au soleil se dessèche rapidement, sa vie se ralentit, puis s'arrête jusqu'à la prochaine averse. La Joubarbe, au contraire, possède de longues racines qui vont chercher l'eau au fond des fentes ; puis, elle fait des provisions de liquide dans ses feuilles charnues ; enfin, les mouvements d'ouverture et de fermeture de ses stomates lui permettent de régler sa transpiration de manière à ménager ses

réserves d'eau ; aussi pourra-t-elle continuer à vivre activement pendant la période de sécheresse. Mais si la plante supérieure est capable de traverser, sans rien perdre de son activité, les temps secs de la saison chaude, il n'en est plus de même quand arrive l'hiver : le froid l'engourdit et arrête son développement. D'autres organismes, au contraire, restent actifs en toute saison : voyez les Corneilles qui nichent dans les fentes du même rocher ; on dirait presque que leur vitalité est fouettée par le froid.

Nous voyons donc que l'organisme supérieur brave les circonstances adverses et persiste, le plus longtemps possible, à l'état de vie active.

Je ne puis entrer ici dans l'explication assez délicate des phénomènes d'osmose et de turgescence, qui sont spécialement frappants dans les cellules végétales. Il faut cependant les mentionner, car ils sont très instructifs au point de vue qui nous occupe.

Chaque cellule possède une pression interne qui lui est propre et qui tient à la pression osmotique exercée par les substances dissoutes dans le suc cellulaire. Ordinairement la pression intra-cellulaire est supérieure à celle du liquide où baigne la cellule, et cet excès osmotique est soigneusement maintenu par la cellule, malgré le changement de concentration du liquide extérieur. « Dans un milieu où la concentration subit des variations, le pouvoir osmotique cellulaire augmente ou diminue suivant que la solution se concentre ou se dilue (1). »

(1) Fr. Van Rijsselberghe, *Réactions osmotiques des cellules végétales à la concentration du milieu*, 1899, page 99.

Il y a des faits analogues dans le règne animal. L. Fredericq (1) a montré que la perméabilité de la membrane branchiale varie beaucoup d'un groupe zoologique à l'autre. Elle est très perméable chez le Poulpe, dont le sang subit ainsi très largement les variations de concentration et de composition de l'eau. Elle est semi-perméable chez certains Poissons inférieurs, dont le sang, tout en ayant sa composition particulière, se met en équilibre de concentration avec l'eau. Enfin, la surface branchiale est perméable aux gaz seulement (tout comme une membrane de caoutchouc) chez certains Poissons supérieurs et chez l'Écrevisse, dont le sang maintient obstinément à la fois sa composition et sa concentration propres; chez les Poissons, la concentration est plus faible que pour le liquide extérieur; chez l'Écrevisse, elle est plus forte.

Donc, l'organisme, malgré les variations du milieu, maintient et affirme son excès osmotique (2).

La température des organismes est encore un exemple des plus significatifs.

Les êtres inférieurs ont une température variable; elle suit — avec lenteur, il est vrai (3), — les changements de la température ambiante. Par contre, les animaux supérieurs ont une température constante. Leur échauffement se règle, non pas sur la température du dehors, mais à rebours de celle-ci : fait-il

(1) L. Fredericq, *Bulletin de l'Académie des Sciences de Belgique*, 1901, page 68.

(2) Dans un livre original : *L'Eau de mer, milieu organique* (Paris, 1904), un jeune naturaliste français, R. Quinton, a même utilisé la fixité de la salure interne de beaucoup d'organismes comme argument en faveur de leur origine marine.

(3) Voyez plus loin, *Pourquoi les éléments de la matière vivante ont-ils des poids atomiques peu élevés ?*

froid, ils produisent beaucoup de chaleur; fait-il chaud, ils s'arrangent pour en perdre beaucoup. Bref, l'organisme supérieur se crée sa température (1).

La reproduction aussi est, en somme, une affirmation de l'organisme, — une affirmation de sa persistance, malgré sa fragilité. Éphémère, l'organisme se crée ainsi la durée.

Comme je l'ai montré à une autre occasion (2), l'individualité suit également dans la nature une marche ascendante, et il y a vraiment une genèse de l'individu, car, d'une part, chez les êtres inférieurs, l'individu s'absorbe dans la collectivité et ne vit que pour elle, tandis que nous voyons, d'autre part, l'individualité s'affirmer à mesure que l'organisme s'élève et se perfectionne. C'est même ce qui distingue le plus nettement les êtres supérieurs des inférieurs.

Quel est, d'après tout ce que nous venons de dire, le rapport entre l'organisme et le milieu? Il en perçoit les changements, mais, loin de s'y plier humblement, il répond, il riposte en rétablissant autant que possible

(1) En dehors du monde organique, il y a aussi des exemples d'autorégulation. Ainsi, un fil métallique s'échauffe quand il est traversé par un courant électrique; mais cette élévation de température augmente la résistance du fil et tend, par conséquent, à diminuer l'intensité du courant et à préserver le conducteur contre un échauffement excessif. Autre exemple : aux températures basses, les réactions qui se produisent généralement sont celles qui dégagent le plus de chaleur et échauffent ainsi le système; mais aux températures élevées, ce sont celles qui absorbent de la chaleur et tendent ainsi à refroidir le système. « Ne dirait on pas qu'il y a là une sorte de régulation thermique comparable à celle des êtres vivants? » (L. Crismer, cité par Léo Errera, dans *A propos de l'Église et de la Science*, 1898, page 11. Voyez ce travail plus loin.)

(2) Voyez *L'Individu*, page 156.

son équilibre antérieur, malgré le trouble qui lui est infligé. C'est là le double phénomène de perception et de réaction qui constitue l'irritabilité.

Eh bien! le problème essentiel pour l'irritabilité de l'organisme, c'est précisément de sentir vite le changement externe — et de le subir peu. Nous pouvons, d'après cela, attribuer à la fameuse loi de WEBER sa portée véritable (1). Elle signifie que l'organisme, soumis à une échelle ascendante d'excitations, leur oppose une résistance croissante. Ainsi, plus il y a de lumière déjà perçue, moins nous percevons la lumière; plus il y a de bruit déjà entendu, moins nous entendons le bruit.

En résumant les divers aspects du sujet que nous venons d'effleurer, nous voyons que plus l'organisme est élevé, plus il se rend indépendant des vicissitudes de la vie, plus il affirme son existence et sa personnalité. Que tout change et croule même autour de lui,

..... *impavidum ferient ruinae.*

Il s'adapte, en un mot, non par la résignation, mais en organisant la résistance contre la tyrannie des événements.

Le progrès, pour lui, consiste donc à réagir, à s'affirmer : n'en est-il pas ainsi dans le domaine politique et social? Aux hommes d'action à répondre à cette question. Quant à moi, je ne crois pas sortir de mon rôle en vous disant : Restez fidèles à votre individualité

(1) Elle exprime la relation entre l'excitation et la réaction, et s'énonce comme ceci : La plus petite différence perceptible entre deux excitations d'intensités inégales est *proportionnelle* à leur intensité.

propre, restez vous-même sans abdication et sans défaillance ; distribuez autour de vous et communiquez à autrui cette force qui fait l'homme vraiment libre, qui est comme l'instrument de son indépendance : l'instruction. Largement répandue, elle élève les masses et permet à chacun de maintenir sa personnalité en face des vieux dogmatismes et des jeunes utopies. Elle est à ce titre l'agent même du progrès.

Et maintenant, revenons à notre point de départ et mesurons le chemin parcouru.

Si le progrès doit être dans l'humanité une marche dans le sens même qui a permis à la vie en général de se maintenir, de s'épanouir et de se diversifier sur le globe, depuis ses premiers et timides débuts jusqu'à sa floraison actuelle — il ne peut consister, je le répète, ni dans l'asservissement, ni dans l'abdication, mais dans une affirmation de plus en plus superbe de la vie.

PHILOSOPHIE

POURQUOI
LES ÉLÉMENTS DE LA MATIÈRE VIVANTE
ONT-ILS
DES POIDS ATOMIQUES PEU ÉLEVÉS? (1)

I

Entre la diversité presque infinie des objets que la nature nous offre et le petit nombre de leurs éléments constitutifs, le contraste est frappant. Et encore sur les soixante-dix corps simples environ auxquels la chimie a ramené toute chose, en est-il beaucoup de très rares; de sorte que le chiffre des éléments se réduit en pratique à une quarantaine. Mais nulle part cette antithèse n'apparaît aussi nettement que dans les êtres vivants. Tous, en effet, quelque variés qu'ils soient, d'un bout à l'autre de l'échelle, ne sont formés essentiellement que d'une dizaine de corps simples. N'est-ce pas le cas de rappeler ces vers de LUCRÈCE :

« *Namque eadem cœlum, mare, terras, flumina, solem*
constituunt, eadem fruges, arbusta, animantes.....
. . . . . .
Tantum elementa queunt permutato ordine solo. » (2)

(1) Ce travail a paru dans *Malpighia*, tome I, fascicule I, juillet 1886; une traduction allemande en a été publiée dans *Biologisches Centralblatt*, 1er mars 1887, page 22. Il est reproduit dans le *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome IV.

[(2) Car les mêmes (principes) constituent le ciel, la mer, les terres, les fleuves, le soleil, et aussi les céréales, les arbres, les animaux... Tant ont de puissance les éléments par la seule permutation de leur ordre.]

On sait que les dix corps reconnus comme indispensables aux végétaux supérieurs sont l'hydrogène, le carbone, l'azote, l'oxygène, le magnésium, le phosphore, le soufre, le potassium, le calcium et le fer; les Champignons inférieurs paraissent même pouvoir se passer des deux derniers (1), et quant aux autres éléments que l'on rencontre encore souvent dans les plantes, ils sont accidentels ou tout au moins d'une utilité beaucoup plus secondaire; tels le sodium, le chlore, le silicium et, dans les plantes marines, le brome et l'iode. Nos connaissances, au sujet des animaux, sont moins avancées parce qu'il est plus difficile de leur fournir pendant toute leur vie une alimentation chimiquement déterminée. Mais il est certain que la liste des substances nécessaires et suffisantes pour eux, diffère à peine de celle que nous venons de donner pour les plantes supérieures; il faut probablement y ajouter le chlore et le sodium; peut-être aussi (pour certaines espèces) le fluor, le manganèse et le cuivre (2).

Une fois que l'on a déterminé ainsi les corps peu nombreux qui entrent dans la composition de la matière vivante (afin d'éviter de longues périphrases nous les appellerons biogéniques), l'esprit ne tarde pas à demander davantage. Il cherche si cette propriété remarquable ne peut être expliquée, c'est-à-dire rattachée à d'autres propriétés physiques et chimiques, plus générales; puisque, après tout, expliquer ce n'est jamais autre chose que subordonner le particulier au général.

Parmi les éléments biogéniques, le carbone forme la partie prépondérante et caractéristique de la substance

(1) NÄGELI, *Sitzungsberichte der bayrischen Akademie*, juillet 1879.
(2) HOPPE-SEYLER, *Physiologische Chemie*, 1877, page 28.

sèche des organismes; il constitue comme la charpente de leurs molécules. Il y a longtemps que les chimistes ont appuyé, à ce point de vue, sur la faculté que possèdent les atomes de ce corps de s'accumuler « dans une seule et même molécule, de se souder, en quelque sorte, les uns aux autres (1) ». Doué de peu d'affinité pour la plupart des autres éléments, le carbone présente, au contraire, de l'affinité pour lui-même.

Remarquons, en passant, que si le carbone est l'élément par excellence des corps organisés, le silicium est, par excellence, l'élément des terres et des roches. Le silicium est, dans la classification périodique de MENDELEÏEFF, l'homologue immédiatement supérieur du carbone; comme celui-ci, il est quadrivalent; comme lui, il n'a guère d'affinité énergique que pour l'oxygène, au point que la silice compte avec l'anhydride carbonique parmi les corps les plus difficiles à décomposer; comme le carbone, le silicium peut s'accumuler dans les molécules et former des agrégats très complexes; après le carbone, c'est le corps dont les composés sont le plus nombreux et le plus variés; en un mot, le silicium est le carbone du monde inorganique.

A côté du carbone, les éléments biogéniques principaux sont l'oxygène, l'hydrogène et l'azote. Dans les premières pages de ses *Principes de Biologie*, HERBERT SPENCER a insisté sur cette association de trois gaz à un corps fixe et infusible, et il a émis, à ce propos, quelques considérations ingénieuses et profondes qu'il est bon de rappeler : « D'une part, dit-il dans un passage qui résume sa pensée (2), n'était la

(1) WURTZ, *Chimie moderne*, 1867-1868, page 382.
(2) *Principles of Biology*, volume I, page 22.

mobilité moléculaire extrême que possèdent trois des quatre principaux éléments de la matière organique, et n'était la grande mobilité moléculaire qui en résulte pour leurs composés les plus simples, l'élimination rapide des déchets de l'action organique ne pourrait avoir lieu et il n'y aurait point cet échange continuel de matière que la vitalité implique. D'un autre côté, n'était l'union de ces éléments extrêmement mobiles en des composés d'une complexité extrême, ayant des molécules relativement vastes que leur inertie rend comparativement immobiles, les composants d'un tissu vivant n'auraient point cette fixité mécanique qui les empêche de s'en aller par diffusion en même temps que les produits de rebut que la décomposition du tissu engendre. »

Mais ce que nous venons de dire, soit des propriétés spéciales du carbone, soit de la mobilité des molécules d'oxygène, d'hydrogène et d'azote, ne constitue que des explications isolées, qui s'attachent à tel ou tel corps en particulier et n'ont pas de lien mutuel; nous voudrions, au contraire, quelque vue d'ensemble, qui nous permît d'embrasser d'un seul coup d'œil tous les éléments biogéniques.

Le chimiste italien Sestini a récemment essayé une semblable généralisation. Il a fait la remarque que tous les corps simples qui constituent les plantes supérieures ont ce caractère commun d'appartenir aux quatre premières séries du système périodique de Mendeleïeff. Et ce système étant basé, comme on sait, sur les poids atomiques, cela signifie que tous les corps simples en question ont des atomes relativement légers, des poids atomiques faibles; aucun d'eux

ne dépasse 56. Le tableau suivant, emprunté à SESTINI (1), met ce fait en lumière :

		INDISPENSABLES	UTILES
Éléments	électronégatifs	C=12, Az=14, O=16, Ph=31, S=32	Si=28, Cl=35.5
	électropositifs	H=1, Mg=24, K=39, Ca=40, Fe=56	Na=23, Mn=55

Voici du reste, pour plus de détail, les quatre premières lignes du système périodique ; les éléments reconnus indispensables à la vie y sont imprimés en caractères plus forts :

1	**H=1**							
2	Li=7	Gl=9,2	B=11	**C=12**	**Az=14**	**O=16**	Fl=19	
3	Na=23	**Mg=24**	Al=27	Si=28	**Ph=31**	**S=32**	Cl=35,5	
4	**K=39**	**Ca=40**	? Sc=44	Ti=48	V=51	Cr=52.4	Mn=55	**Fe=56.** Ni=58.8, Co=58.8

On le voit, outre l'hydrogène, qui est seul de sa série, trois corps de chacune des trois séries suivantes concourent ensemble à la formation des organismes et tous ces corps ont un poids atomique peu élevé. Si l'on range tous les corps le long d'une ligne droite et à des distances de l'origine proportionnelles à leurs poids atomiques, on constate que les éléments de la matière vivante se trouvent tous sur le premier quart de cette ligne ; ou, en tenant compte de ce fait que les éléments seraient rangés d'une manière plus serrée au commencement qu'à la fin d'une telle ligne, nous pouvons dire que les dix éléments essentiels de la matière vivante se trouvent tous parmi les vingt-trois premiers corps

(1) *Gazzetta chimica*, tome XV, page 107.

de l'échelle ascendante des poids atomiques, tandis qu'il n'y en a aucun parmi les quarante-cinq corps restants.

Notre problème de tout à l'heure se trouve donc ramené à celui-ci : pourquoi les éléments biogéniques ont-ils des poids atomiques faibles? SESTINI se contente d'émettre à ce sujet deux hypothèses dont il est impossible de discuter la valeur, attendu qu'il ne les appuie sur aucun argument. Voici du reste comment il s'exprime : « On pourrait, par exemple, admettre par voie d'hypothèse que seuls les éléments chimiques qui ont une petite quantité de matière condensée dans leurs atomes, et par conséquent un poids atomique peu élevé, soient dotés de la mobilité nécessaire; ou, si l'on veut encore, soient susceptibles de manifester peu à peu une somme d'énergie actuelle suffisante pour subvenir aux changements de substance lents et presque continuels qui ont lieu dans les organismes et pour fournir la force vive qui s'accumule dans les produits organiques de nouvelle formation. » Et il ajoute aussitôt : « Jusqu'ici, en vérité, il n'y a pas moyen d'expliquer la relation signalée ci-dessus. »

Je crois, au contraire, que les faits actuellement connus, s'ils n'expliquent pas complètement cette relation, nous autorisent du moins à rattacher le rôle biogénique à d'autres propriétés plus générales des éléments à poids atomique peu élevé.

II

Nous pouvons préciser davantage la question. La théorie de l'évolution nous permettant de faire dériver toutes les espèces de quelques organismes très simples,

il suffit d'envisager la genèse de ces formes primordiales et de nous demander : pourquoi, parmi toutes les combinaisons possibles, celles qui ont constitué les premiers êtres étaient-elles formées d'éléments à atomes légers? En d'autres termes : les propriétés connues des éléments à atomes légers nous expliquent-elles qu'ils fussent particulièrement propres à constituer les premiers êtres vivants?

Il faut remarquer d'abord que les substances rares, peu répandues à la surface du globe, ne pouvaient pas servir à l'entretien de la vie. Admettons, en effet, pour un moment qu'un composé doué de ces propriétés complexes que nous nommons la vie, se soit un jour formé par la combinaison de certains corps très rares. Un organisme ainsi constitué n'était en état ni de se multiplier, ni même de continuer à vivre, parce qu'il aurait bientôt manqué d'aliments. On peut dire que, parmi tous les organismes théoriquement possibles, ceux-là seuls étaient vraiment viables et capables d'évolution, qui trouvaient presque partout et en grande quantité les éléments constituants de leur substance. S'il était permis de transporter aux éléments chimiques eux-mêmes une notion qui ne s'applique qu'aux organismes, nous dirions que dans la lutte pour la production de la vie, les éléments les plus répandus devaient nécessairement l'emporter sur les éléments rares.

Je ne soutiens pas, bien entendu, que tous les corps fréquents dans la nature doivent nécessairement concourir à la formation de la matière vivante; mais il est évident que c'est parmi ces corps que doivent se trouver les éléments biogéniques.

Or, MENDELEÏEFF a montré, dès 1869 (1), qu'à peu

(1) *Zeitschrift für Chemie*, Neue Folge, 1869, tome V, page 405. Voir aussi LOTHAR MEYER, *Die modernen Theorien der Chemie*, 1880, 4e édition, page 185.

d'exceptions près, tous les corps à poids atomique peu élevé sont communs. Nous ignorons, il est vrai, absolument la cause de cette coïncidence; mais le fait n'est pas douteux. Depuis l'hydrogène qui pèse 1 jusqu'au calcium qui pèse 40, il n'y a d'éléments rares que le lithium, le glucinium et le bore; et précisément ces trois corps ne comptent pas non plus parmi les substances biogéniques. Le plus commun des éléments dont le poids atomique dépasse celui du calcium est le fer; et il est un constituant nécessaire de la plupart des organismes.

Nous avons donc une première explication de la relation signalée par SESTINI; c'est que les corps à atomes légers sont aussi les plus communs à la surface du globe.

III

Généralement les composés peu complexes sont solubles dans l'eau, lorsqu'ils sont formés d'atomes légers; les composés à atomes pesants sont ordinairement moins solubles. Ce fait a de l'importance au point de vue biogénique, car il nous prouve que les atomes légers sont plus favorables que les autres à cet apport des aliments et à cette élimination des déchets dont parle SPENCER dans le passage que nous citions tantôt.

IV

Il y a d'autres propriétés fondamentales des atomes légers qu'on peut invoquer pour comprendre leur rôle biogénique. Mais les explications que nous en

déduirons ne sont pas, comme celles qui viennent d'être données, indépendantes de toute restriction. Elles nous montrent seulement qu'à poids égal, les composés formés d'atomes légers sont plus aptes que les autres à manifester les phénomènes de la vie. C'est ce que nous allons essayer d'établir.

Il est clair que pour une même quantité de matière, les composés à atomes légers renferment un plus grand nombre d'atomes élémentaires que s'ils étaient constitués par des atomes très pesants. Or, les propriétés complexes de la vie ne sont concevables que dans les molécules complexes elles-mêmes, formées d'un grand nombre d'atomes différents.

A cette remarque évidente s'en rattache une autre plus hypothétique. La chaleur que l'on communique à une molécule gazeuse, n'est employée qu'en partie à élever sa température; une autre partie sert à vaincre la pression extérieure qui s'oppose à la dilatation; une troisième, enfin (si la molécule est formée de plusieurs atomes), sert à augmenter les mouvements réciproques des atomes à l'intérieur de la molécule. Plus est grand le nombre des atomes de la molécule, plus est considérable aussi la fraction de la chaleur qui devient latente par ce travail de dislocation intramoléculaire, ou de disgrégation, comme CLAUSIUS l'appelle (1). — Bien que la théorie de la chaleur soit beaucoup moins avancée pour les solides et les liquides que pour les gaz, il n'en est pas moins probable qu'il y a chez eux aussi (surtout chez les liquides) une absorption de chaleur pour la disgrégation intramoléculaire (2); et,

(1) Voir O. E MEYER, *Die kinetische Theorie der Gase*, 1877, pages 83 et suivantes, et 98; MOUSSON, *Die Physik auf Grundlage der Erfahrung*, 1880, volume II, page 99.

(2) MOUSSON, *loc. cit.*, page 124.

sur la chaleur totale reçue, cette chaleur de disgrégation constituera, en général, une portion d'autant plus grande, que la molécule renferme un plus grand nombre d'atomes.

On voit donc que les éléments à poids atomique faible, en permettant l'accumulation d'un grand nombre d'atomes dans une seule molécule, amènent probablement ce résultat remarquable, que la chaleur absorbée disloque beaucoup les molécules et les échauffe peu.

On conçoit sans peine combien un tel état de choses favoriserait cette mobilité perpétuelle des atomes, cette instabilité chimique qui nous apparaît comme l'un des caractères nécessaires de la vie.

Ajoutons encore en faveur des éléments à poids atomique peu élevé, qu'une même quantité de chaleur de disgrégation sera d'autant plus efficace pour augmenter les mouvements intramoléculaires des atomes, que ces atomes auront chacun moins de masse. A la surface de l'Océan, les moindres ondulations agitent les barques les plus légères, tandis que les vaisseaux pesants demeurent immobiles.

V

La loi — ou si l'on préfère : la règle empirique — de Dulong et Petit va nous fournir un autre caractère commun à tous les atomes légers et une nouvelle explication de leur rôle biogénique.

Pour que les organismes conservent intactes leurs propriétés essentielles, malgré les variations incessantes des conditions extérieures, ils doivent être prompts à ressentir ces variations et lents à les subir.

La première de ces facultés est en rapport avec l'état d'équilibre instable des molécules vivantes dont il vient d'être question. Son étude est du domaine de l'irritabilité et sort par conséquent du cadre de ce travail. Mais la seconde se rattache d'une façon directe à une propriété physico-chimique des atomes, et nous allons nous y arrêter, en envisageant spécialement les changements dans la température du milieu ambiant.

Lorsque l'on réfléchit à la grande influence de la chaleur sur les réactions chimiques, on prévoit que l'état d'équilibre instable, caractéristique de la vie, ne pourra se conserver d'une manière parfaite que dans des limites de température restreintes. Et c'est bien ce que l'observation nous montre; le froid congèle le protoplasme, la chaleur le coagule, et ses fonctions ne s'accomplissent dans leur plénitude qu'au voisinage d'une certaine température moyenne, qui a été appelée en botanique la température optimum. L'organisme a donc tout avantage à ne point s'échauffer, ni se refroidir trop facilement sous l'influence des variations thermiques. A cet effet, il est nécessaire : 1° qu'il conduise mal la chaleur; 2° qu'il faille lui faire absorber ou perdre beaucoup de calories pour élever ou abaisser sensiblement sa température, c'est-à-dire que sa chaleur spécifique soit considérable. Conductibilité très faible et chaleur spécifique très élevée, c'est précisément ce que nous offre la matière vivante (1).

La faible conductibilité provient pour une bonne part de l'énorme quantité d'eau que les organismes

(1) Nous n'avons pas à nous occuper ici du mécanisme spécial aux animaux à sang chaud qui établissent l'équilibre entre leur production et leur déperdition de chaleur, en se servant du système nerveux comme d'un thermorégulateur.

renferment (1); quant à la chaleur spécifique, elle est en relation avec le poids atomique peu élevé des éléments et à ce titre elle nous intéresse particulièrement ici.

Un organisme vivant consiste :

1° En corps solides composés ;
2° En dissolutions aqueuses.

Mais la chaleur spécifique des dissolutions est liée à celle du dissolvant et du corps dissous (MARIGNAC) ; la chaleur spécifique des corps composés est liée à celle de leurs composants (NEUMANN, REGNAULT, KOPP) ; enfin la chaleur spécifique des corps simples est approximativement en raison inverse de leurs poids atomiques (DULONG et PETIT).

Si l'on appelle poids atomique moyen, la moyenne des poids atomiques de tous les atomes qui constituent un composé ou un mélange quelconque, on peut dire, en synthétisant à la fois les règles de DULONG et PETIT, de REGNAULT, de KOPP et de MARIGNAC : la chaleur spécifique est en général d'autant plus grande que le poids atomique moyen est plus petit (2).

Donc, en dernière analyse, pour que la matière vivante ait une chaleur spécifique élevée, elle doit être formée d'atomes à poids atomique faible.

(1) La plupart des organismes sont formés aux deux tiers ou aux trois quarts d'eau.

Voir aussi LOTHAR MEYER, *loc. cit.*, pages 164, 544 et 547, sur les relations, encore obscures, entre la conductibilité et le poids atomique.

(2) Soit un composé quelconque formé de n atomes dont le poids atomique est a, n' atomes dont le poids atomique est a', n'' atomes dont le poids atomique est a'', le poids atomique moyen est

$$A = \frac{n\,a + n'\,a' + n''\,a''}{n + n' + n''}.$$

Chose remarquable : l'eau qui forme la majeure partie des êtres vivants est aussi de tous les corps connus (à la seule exception de l'hydrogène libre dont la chaleur spécifique à volume constant = 2.4), celui qui a la chaleur spécifique la plus considérable. Cela est en rapport avec les faibles poids atomiques de l'hydrogène et de l'oxygène. Et tous les autres composants des organismes ont également, de par la légèreté de leurs atomes, des chaleurs spécifiques élevées (1). C'est ce qui ressort du tableau ci-dessous où j'ai mis en regard les chaleurs spécifiques de quelques substances organiques et de quelques substances minérales (les chiffres sont empruntés à la *Physique* de MOUSSON et à la *Chimie* de BEILSTEIN) :

SUBSTANCES ORGANIQUES		SUBSTANCES MINÉRALES	
Bois de sapin	0.654	Feldspath	0.1911
Bois de chêne	0.570	Spath calcaire	0.2046
Sucre de canne	0.301	Quartz	0.1883
Alcool	0.5987	Spath pesant	0.1088
Acide acétique cristall.	0.4587	Sulfate de plomb	0.05086
Acide butyrique	0.503	Mercure (liquide)	0.03332

Les considérations émises dans ce paragraphe peuvent se condenser dans cet aphorisme : A poids égal, les substances formées d'atomes légers changent plus difficilement de température que celles qui sont formées d'atomes lourds. Grâce à cette propriété, la température peut varier entre des limites assez étendues sans compromettre la vie; et lorsque la température défavorable persiste,

(1) Tous les éléments biogéniques, depuis l'hydrogène jusqu'au fer, qu'ils soient solides ou gazeux, ont une chaleur spécifique > 0.1.

au moins se transmet-elle lentement à l'organisme qui a ainsi le temps soit de chercher un abri, soit de suspendre peu à peu ses fonctions, comme dans le repos hivernal de la végétation ou dans l'engourdissement de beaucoup d'animaux.

VI

La grande chaleur spécifique des éléments biogéniques et de leurs composés, a encore une autre et non moins importante conséquence. A poids égal et à même température, les substances dont la chaleur spécifique est considérable renferment évidemment plus de calories que les autres. Cette énergie calorifique pourra du reste, d'après le principe de la transformation des forces et de la conservation de l'énergie, se manifester sous la forme chaleur ou sous toute autre forme : mouvement, travail, lumière, électricité, énergie chimique, activité nerveuse, etc. Les corps formés d'atomes légers ont donc, à poids égal et à même température, plus d'énergie en réserve que les autres. A conditions égales, ils renferment, si l'on veut, un maximum d'énergie dans un minimum de masse.

Cette remarque me paraît avoir d'autant plus de valeur, qu'au point de vue dynamique, les êtres vivants, avec leurs réactions démesurées vis-à-vis des excitants, ne sont pas autre chose que des corps explosibles.

Le principe qui vient d'être établi a probablement été entrevu par Sestini dans le passage que j'ai traduit tantôt au § 1. Mais il en parle comme d'une suppo-

sition gratuite, qu'il ne rattache en aucune façon à des lois connues et dont il est impossible, par conséquent, d'apprécier la portée.

VII

Résumons.

Les éléments qui composent les êtres vivants ou éléments biogéniques ont tous des poids atomiques peu élevés, ne dépassant pas 56, comme SESTINI l'a indiqué le premier. A quoi cela tient-il ?

Nous avons essayé de démontrer que cette coïncidence n'est pas fortuite. Car la légèreté des atomes de ces éléments est liée à un ensemble de propriétés dont l'importance pour les organismes n'est pas difficile à saisir. De toutes les combinaisons possibles, celles des atomes légers avaient donc le plus de chance de présenter cette association de phénomènes complexes que nous nommons la vie, et de former les premiers êtres.

Les éléments à atomes légers sont les plus répandus à la surface du globe; leurs composés les plus simples sont généralement ou gazeux, ou solubles dans l'eau, ce qui explique l'arrivée des aliments dans l'organisme et l'élimination des déchets; la plupart sont mauvais conducteurs de la chaleur et de l'électricité (1), et tous ont, d'après les règles de DULONG et PETIT, REGNAULT, KOPP et MARIGNAC, des chaleurs spécifiques élevées. Ceci permet aux organismes, tout en ayant relativement peu de masse, de supporter plus facilement et

(1) D'ailleurs, la grande quantité d'eau que les organismes contiennent réduit, comme il a été dit, leur conductibilité à presque rien, les liquides étant de détestables conducteurs.

de ne subir que peu à peu les variations calorifiques et électriques du milieu extérieur, et de dépenser beaucoup d'énergie sans abaisser beaucoup leur température.

Ce sont là des faits et non point des conjectures. Enfin, nous avons montré qu'il y a lieu de supposer, d'après la théorie mécanique de la chaleur, que les atomes légers en s'accumulant en très grand nombre, donnent naissance à des molécules que la chaleur disloque beaucoup et échauffe peu. Nous aurions là un des facteurs essentiels de cette instabilité chimique qui caractérise le protoplasme vivant.

On prouvera peut-être quelque jour que l'un ou l'autre corps à poids atomique plus considérable est nécessaire à tel ou tel organisme en particulier : par exemple, le brome et l'iode aux plantes marines, le cuivre aux Céphalopodes. Cela n'enlèverait rien à la valeur de la remarque de Sestini et aux considérations que nous y avons rattachées, attendu qu'il s'agirait là d'exceptions et que, même chez ces êtres exceptionnels, les éléments à poids atomique faible conservent toujours leur incontestable prépondérance.

On pourrait être tenté de faire encore un pas de plus et de demander pourquoi les atomes légers présentent les particularités dont il a été question. Mais ce serait trop nous aventurer dans la région nébuleuse des hypothèses. Bornons-nous donc à rappeler que la théorie mécanique de la chaleur nous permet au moins d'entrevoir le lien qui existe entre le poids atomique et la chaleur spécifique. Quant à la fréquence des éléments à atomes légers à la surface du globe, il faut noter que l'analyse spectrale nous a aussi révélé plusieurs de ces corps à la surface du soleil et dans les étoiles. Est-ce parce qu'ils sont en général volatils ou

du moins forment des composés volatilisables, comme l'oxyde de carbone et l'anhydride carbonique, qu'ils ont dû gagner plus facilement la surface des astres encore en fusion?

Bruxelles, juin 1886.

A PROPOS DES ÉLÉMENTS DE LA MATIÈRE VIVANTE (1)

Dans un article que la *Malpighia* a publié l'année dernière, j'ai recherché pourquoi les éléments « biogéniques » ont tous des poids atomiques peu élevés. J'indiquais SESTINI (1885) comme le premier qui eût mis ce fait en lumière. Depuis lors, mon attention a été attirée sur plusieurs passages des œuvres de PREYER et j'ai reconnu que le savant physiologiste d'Iéna avait déjà signalé, il y a assez longtemps, ce caractère de la matière vivante. Il s'en occupe d'abord dans une note de son discours « Sur l'étude de la vie » (2), où il dit : « Il est remarquable que parmi les soixante-trois corps simples connus en 1872, vingt-deux seulement ont un poids atomique inférieur à 56 et que les quatorze éléments organiques appartiennent tous à ce groupe. PREYER est revenu à diverses reprises (3) sur cette coïncidence intéressante, sans cependant en proposer l'explication.

(1) Cette note a paru dans *Malpighia*, tome I, fascicule X-XI, 1887.

(2) *Über die Erforschung des Lebens*. Leipzig, 1873, page 48.

(3) *Deutsche Rundschau*, avril 1875, page 76; *Naturwissenschaftliche Thatsachen und Probleme*, 1880, pages 62 et 305; *Elemente der allgemeinen Physiologie*, 1883, page 101 (traduction française par J. SOURY, 1884, page 133). — Dans ce dernier livre il note aussi que « les éléments minéraux les plus répandus sont en même temps les éléments organiques les plus répandus ». Mais il ne cherche pas à mettre cette propriété en rapport avec le poids atomique.

SUR UNE CONDITION FONDAMENTALE D'ÉQUILIBRE DES CELLULES VIVANTES (1)

La membrane des cellules animales ou végétales présente souvent une épaisseur, une résistance et une rigidité considérables. Mais ces propriétés, elle ne les acquiert qu'avec l'âge; au moment de sa formation, la membrane est, au contraire, toujours mince et plastique, et ce n'est pas sans raison que HOFMEISTER la regardait comme demi-liquide. Par son aptitude à changer facilement de forme et par son extrême minceur, la membrane cellulaire nouvelle se trouve ainsi dans les mêmes conditions que les lames liquides minces, les lames d'eau de savon, par exemple. PLATEAU a fait voir que ces lames sont si légères que l'action de la pesanteur y devient négligeable, et qu'elles se façonnent pour ainsi dire uniquement sous l'influence des forces moléculaires. Pareille conclusion est par conséquent applicable aussi aux membranes des cellules, et cela d'autant mieux qu'elles sont plongées en général dans un milieu protoplasmique.

(1) Cette note a paru dans le *Bulletin de la Société belge de microscopie*, tome XIII, n° 1, séance du 30 octobre 1886; ainsi que dans les *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences de Paris, du 2 novembre 1886; une traduction allemande en a été publiée dans *Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft*, n° 10, 1886. Elle est reproduite dans le *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome IV.

Ce milieu, plus ou moins fluide, dont la densité est très voisine de la leur, doit, en vertu du principe d'ARCHIMÈDE, diminuer encore davantage l'action de la pesanteur.

Nous arrivons ainsi à cette conclusion, qu'une membrane cellulaire, au moment de sa genèse, tend à prendre la forme que prendrait dans les mêmes conditions une lame liquide sans pesanteur.

Ce principe paraît avoir une grande importance : il fait comprendre un très grand nombre de formes organiques et il permet, pour la première fois, de rattacher l'architecture des cellules à la physique moléculaire. C'est ce que nous nous proposons de montrer plus en détail dans un travail qui paraîtra prochainement (1). Nous nous bornerons aujourd'hui à exposer quelques-unes des applications de notre principe général.

Comme l'ont établi les géomètres et les physiciens, une lame liquide homogène et sans pesanteur ne peut persister que si elle constitue une surface à courbure moyenne constante. Donc, les membranes cellulaires homogènes doivent aussi, au moment de leur genèse, remplir cette condition. Si l'on se souvient, en outre, que les membranes cellulaires très jeunes sont presque toujours homogènes, il résulte que la membrane extérieure d'une cellule isolée, tout aussi bien que la cloison qui sépare deux cellules dans un tissu, représentent généralement, au moment de leur formation,

[(1) Ce travail a paru en 1887, sous le nom de *Über Zellformen und Seifenblasen*, dans le *Tageblatt* du Congrès des naturalistes et médecins allemands, à Wiesbaden, et dans *Botanisches Centralblatt*, tome XXXIV, page 395, 1888. Il est reproduit dans le *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome IV.]

des surfaces à courbure moyenne constante. Ces deux déductions sont pleinement vérifiées par l'observation microscopique.

Il existe un nombre illimité de surfaces à courbure moyenne constante, mais PLATEAU a démontré qu'il y en a seulement six qui sont de révolution, savoir : la sphère, le plan, le cylindre, et celles qu'il a appelées onduloïde, caténoïde et nodoïde. Beaucoup de végétaux inférieurs (Conjuguées, etc.), qui constituent sensiblement des figures de révolution, sont en effet, soit des sphères, soit des assemblages de deux ou plusieurs des surfaces que nous venons de nommer. Les cylindres ou les portions d'onduloïdes terminés par des calottes sphériques sont très fréquents; et l'on peut même calculer dans ces cas la relation qui doit exister entre le rayon de la calotte sphérique et la courbure du cylindre ou de l'onduloïde, pour que la constance de la courbure moyenne soit respectée.

Lorsqu'une grande cellule se divise simultanément en plusieurs autres, l'ensemble des cloisons nouvelles constitue ce que l'on peut nommer, à l'exemple de PLATEAU, un système laminaire. Or, ce physicien a prouvé par l'expérience et par le raisonnement, que dans un tel système trois cloisons aboutissent toujours à une même arête en formant des angles dièdres égaux de 120° et que les arêtes, droites ou courbes, concourent toujours par quatre en un même point en formant entre elles des angles plans égaux de 109° 1/2 environ. Ces deux lois se retrouvent aussi avec une approximation remarquable, lors de la division simultanée des cellules ; par exemple dans les endospermes et les sporanges des végétaux, etc.

Mais le cas le plus ordinaire de la division des cellules est la bipartition. Ici, la cloison nouvelle

s'attache partout à une cloison plus ancienne et déjà rigide. Il est facile de démontrer, soit directement, soit en s'appuyant sur une formule de VAN DER MENSBRUGGHE, que dans ce cas, la cloison nouvelle doit partout couper à angles droits la cloison primitive. On retrouve ainsi, par voie déductive, le principe fécond de la section rectangulaire des cloisons, découvert par SACHS. Notre théorie nous dit, en outre, que la cloison nouvelle doit présenter en tous ses points une courbure moyenne constante.

C'est surtout chez les plantes supérieures que la bipartition est de règle, et c'est chez elles aussi que nous trouvons les plus beaux exemples de section rectangulaire. Elles possèdent même un organe spécial — le corps lenticulaire qui se forme entre les deux noyaux à la fin de la caryocinèse — grâce auquel l'attache rectangulaire des cloisons est amenée d'une manière en quelque sorte mécanique, ainsi que je l'ai déjà indiqué il y a plusieurs années (1).

Notre principe permet également de se rendre compte des tensions qui règnent dans les membranes et dans les couches des corps organiques stratifiés, au moment de leur genèse, et, à ce point de vue encore, il est susceptible d'applications nombreuses. De son côté, la turgescence qui existe dans les cellules végétales donne lieu aussi à une tension des membranes, de sorte que nous devons retrouver dans les tissus adultes, formés de cellules turgescentes, la jonction

[(1) Voir *L'Épiplasme des ascomycètes et le glycogène des végétaux*, Bruxelles, H. Manceaux, 1882, page 80, et *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome I, page 70. A l'appui de l'idée que la division rectangulaire est plus primitive et que le phragmoplaste n'est qu'un moyen de la réaliser, on peut invoquer *Cladophora*, *Spirogyra*, *Fucus*, etc., où il y a une section rectangulaire non dépendante d'un corps lenticulaire.]

des cloisons par trois et des arêtes par quatre. Un coup d'œil jeté sur tout dessin histologique bien fait, montre encore une fois l'accord de l'observation avec la théorie.

Il n'a été question jusqu'ici que des membranes homogènes. Pour les membranes qui ne le sont pas, on démontre aisément que la courbure moyenne, au lieu d'être constante, doit être en chaque point en raison inverse de la tension. De là, par exemple, l'accroissement de courbure caractéristique des points végétatifs.

Enfin, il est facile de comprendre, d'après notre théorie, que l'on pourra dans bien des cas reproduire les formes des cellules au moyen de lames d'eau de savon.

SUR LA LOI

DE LA CONSERVATION DE LA VIE (1)

PREYER est assurément un des esprits les plus ingénieux, les plus sympathiques de ce temps. Les idées originales lui viennent en foule, et le paradoxe n'est pas pour l'effrayer. Ajoutez à cela une verve étincelante, un style vivant et coloré, et vous comprendrez quel plaisir on éprouve à le lire et à le suivre. On est fasciné.

Mais lorsque, ensuite, une vision plus calme succède à l'éblouissement, on en vient à se demander si le terrain sur lequel il vous a transporté est bien solide. N'y a-t-il point quelques réserves à faire? Les brillantes constructions qu'il nous montre sont-elles des mirages ou des réalités?

Telles sont les questions que provoque de nouveau un article remarquable publié par PREYER dans le *Naturwissenschaftliche Wochenschrift* du 8 mars dernier, sous ce titre : *La loi de la conservation de la vie*. Comme la *Revue scientifique* vient d'en donner une traduction française dans son numéro du 6 juin, le moment semble opportun pour présenter quelques remarques que cette lecture suggère.

(1) Ce travail a paru dans la *Revue philosophique de la France et de l'Étranger*, Paris, tome XXXII, octobre 1891. Il est reproduit dans le *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome IV.

I

Depuis que le grand principe de la conservation de l'énergie nous a familiarisés avec la notion d'une perpétuité immatérielle, on a vu, plus d'une fois, la vénérable hypothèse de l'immortalité de l'âme quitter les hauteurs de la métaphysique et faire son apparition dans les sciences, sous une forme quelque peu rajeunie.

Un chimiste américain de mérite, Josiah P. Cooke, place sur la même ligne la conservation de la matière, de l'énergie et de l'intelligence. Après avoir rappelé ces deux vérités : « La matière est indestructible, et elle est mesurée par le poids; l'énergie est indestructible, et elle est mesurée par le travail », il ajoute : « L'intelligence est indestructible, et elle est mesurée par l'adaptation (1). »

Il ne cache point d'ailleurs ses préoccupations religieuses, et il se dispense, dans le passage cité, de donner une démonstration de ce prétendu principe.

Il est permis de se demander s'il n'y a pas aussi quelque réminiscence métaphysique dans le dernier travail de Preyer. Non point sans doute qu'il l'avoue au lecteur ou seulement qu'il se l'avoue à lui-même. Mais peut-être un vague souvenir des idées de force vitale et d'éternité de l'âme existe-t-il chez lui à l'état latent, dans ces domaines obscurs de l'intelligence où s'élaborent à notre insu nos idées.

(1) J. P. Cooke, *The new Chemistry* (*International scientific Series*, 1874, page 208).

PREYER cherche à établir que la vie, comme la matière et comme l'énergie, est indestructible. *Vita non evanescit*. Rappelons sa démonstration.

D'après le principe de la conservation de la matière, la quantité totale de matière dans l'univers est constante. Elle se compose de deux parties : la matière qui est actuellement vivante et celle qui ne l'est pas. Si l'on désigne la première par le symbole M*z*, la seconde par M*n*, on a donc, avec PREYER :

$$Mz + Mn = \text{constante} = C \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad [1]$$

La matière brute M*n* contient, entre autres choses, les aliments pour les êtres vivants. Plus il y a de ces matériaux assimilables en un endroit donné, plus les plantes vont s'y développer, et, après elles, les animaux : plus il y a de M*n*, plus il va se former de M*z*. La vitalisation sera active.

Mais bientôt cet épanouissement de la vie aura réduit et le stock alimentaire et la place disponible. Alors le spectacle change. Plantes et animaux sont à l'étroit, se gênent mutuellement, se refoulent, se font une concurrence implacable. Beaucoup d'organismes dépérissent et meurent. Une grande quantité de substance vivante M*z* retombe à l'état de substance inerte M*n* : la provision d'aliments se trouve reconstituée ; la mort a refait de la place pour la vie. Aussi les êtres vivants vont-ils nécessairement prospérer, croître et se multiplier de nouveau. Il se produit de cette manière, suivant PREYER, de continuelles vicissitudes de vitalisation et de mortalité.

D'une part, le développement extrême de la vie conduit à la mort, à l'augmentation de la matière inerte ; de l'autre, l'abondance de la matière inerte,

Mn, entraîne après elle un développement actif d'êtres vivants et, par conséquent, de matière vivante, Mz.

Preyer va plus loin. Il admet non seulement que ces deux quantités varient dans le même sens, mais encore que leurs variations sont proportionnelles. « Mz ne varie que proportionnellement à Mn ». Ce qu'il traduit par la formule :

$$\frac{Mz}{Mn} = K \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad [2]$$

ou, comme il dit, « le rapport de la quantité totale de matière vivante à la quantité totale de matière non vivante qui existe en même temps, oscille autour d'une constante K ».

De ces deux équations à deux inconnues, on déduit facilement que Mn et Mz sont tous deux constants. Et Preyer de conclure :

« La quantité de matière formant toutes les parties vivantes de tous les organismes vivants de l'univers est invariable. » Mais cette matière vivante, qu'est-elle sinon le protoplasme ? L'auteur arrive ainsi à donner à sa loi cette forme concise : « La quantité totale de protoplasme vivant dans l'univers est invariable. »

Arrêtons-nous et voyons ce que dit la froide observation devant cette conclusion inattendue.

Lorsque je parle de la conservation de la matière, ce terme a un sens précis. Sans doute, comme le remarque Preyer, l'exactitude d'une telle loi ne saurait être démontrée d'une façon absolue. Mais ce que l'on veut dire par là n'en est pas moins fort clair. Cela signifie que si l'on brûle, par exemple, un morceau de charbon dans l'oxygène, il y a, *ipso facto,* apparition

d'une substance nouvelle, l'anhydride carbonique, dont le poids représente la somme des poids disparus d'oxygène et de carbone. Le résultat est immédiat; il est direct : le carbone et l'oxygène ne disparaissent comme tels que pour entrer dans la nouvelle combinaison. Toute expérience comporte évidemment des causes d'erreur; une pesée n'est jamais idéalement exacte. Nous l'accordons volontiers. Mais ce que nous savons aussi, c'est que plus nous apportons de soin à notre expérience, plus notre pesée est minutieuse, plus aussi la concordance entre les poids sera parfaite.

Il en est de même pour le principe de la conservation de l'énergie. Sa signification n'est pas douteuse. Une balle de plomb qui tombe sur le sol s'échauffe. Une certaine forme d'énergie — le mouvement — a été détruite; une autre forme — la chaleur — prend sa place. L'une ne disparaît qu'en donnant naissance à une quantité équivalente de l'autre. Encore une fois, les mesures les plus exactes ne nous fourniront jamais une proportionnalité mathématique entre le mouvement perdu et la chaleur acquise; mais plus nous nous attacherons à tenir compte de la chaleur communiquée au sol, à l'air ambiant, aux appareils de mesure, plus aussi nous approcherons de l'équivalence théorique.

Telles sont les notions très nettes que la chimie et la physique traduisent par la conservation de la matière et la conservation de l'énergie. La loi de la conservation de la vie a-t-elle, comme le pense son auteur, une précision et une portée analogues?

Voici un aquarium dans lequel s'épanouit la vie la plus active. Des Algues, les unes flottantes, les autres fixées aux cailloux du fond, remplissent l'eau de leurs filaments délicats. Parmi elles, des Hydres minuscules, des Planorbes, des Limnées, d'agiles Daphnies

évoluent incessamment, tandis que des Poissons rouges vont et viennent dans ce petit monde dont ils sont les rois incontestés. Eh bien! il me suffit de verser quelques gouttes d'une solution concentrée de sublimé corrosif pour tuer tout cela. Le mouvement cesse, l'activité est arrêtée net. Non seulement tous les êtres visibles sont morts, mais encore les organismes microscopiques, les Infusoires, les Bactéries. Aussi longtemps qu'il me plaît de laisser le sublimé dans l'eau de l'aquarium, toute la vie reste détruite et aucune vie nouvelle ne peut éclore. Le carbone, tantôt, ne disparaissait que pour produire de l'anhydride carbonique; le mouvement de la balle de plomb se transformait immédiatement en chaleur. Ici, rien de semblable. Il y a eu bel et bien disparition de vie, et il n'y a point de vie nouvelle qui surgisse comme un résultat direct, nécessaire. *Vita evanuit.*

Ce que nous pouvons faire expérimentalement, un accident peut l'accomplir sans nous. Un incendie, un coup de foudre, une éruption volcanique, une inondation détruisent des quantités considérables de matière vivante sans qu'une apparition équivalente d'organismes nouveaux en soit la conséquence immédiate.

Il est clair que la « loi de la conservation de la vie » ne saurait donc être mise sur la même ligne que les lois de la conservation de la matière et de la conservation de l'énergie.

II

On a lu, dans les numéros de la *Revue scientifique* du 6 et du 27 juin, des critiques d'ordre mathématique que Gravelius et F.-V. H. adressent aux deux équa-

tions de PREYER. Malgré leur intérêt, ces objections ne me paraissent pas aller au fond même du problème. Elles tombent d'ailleurs, si les quantités Mz et Mn sont toutes deux des constantes, comme le prétend la loi de la conservation de la vie.

Mais il me semble possible, sans le moindre calcul, de toucher en quelque sorte du doigt le point précis où réside l'erreur du raisonnement de PREYER. Ou je me trompe fort, ou le sophisme consiste essentiellement en ceci : le symbole Mz, dans les deux équations, ne représente point la même chose.

Dans la première équation, les quantités Mz et Mn sont, l'une, la somme des matières vivantes, l'autre, la somme des matières inertes, existant en même temps, à un moment précis. Supposons qu'au moment considéré, Mn soit très grand dans une certaine région du globe, c'est-à-dire qu'il y ait là abondance d'aliments disponibles. J'admets avec PREYER qu'il en résultera (presque toujours) un grand développement de vie, un accroissement notable de Mz. Mais cet accroissement ne se fera que peu à peu, aux dépens mêmes de Mn. La valeur élevée de Mz qui serait nécessaire pour que la proportionnalité globale Mz : Mn = K eût lieu, cette valeur n'est pas du tout contemporaine de la valeur élevée de Mn : elle lui est postérieure. Pour une valeur déterminée de la matière inerte Mn, le symbole Mz dans l'équation [1] représente donc un état simultané, dans l'équation [2] un état consécutif.

En d'autres termes, l'équation Mz : Mn = K signifie que les masses totales de matière vivante et de matière non vivante varient sans cesse proportionnellement l'une à l'autre. Or, c'est le contraire qui est vrai.

Qu'une catastrophe quelconque survienne, il va de soi qu'en cet instant précis il y a destruction de beaucoup de vie, sans aucune naissance pour la compenser. C'est seulement plus tard que de nouveaux êtres vivants se développeront grâce à cet accroissement du stock nutritif non vivant. Pour chaque instant, les variations de M*z* et de M*n*, loin d'être proportionnelles, comme le veut PREYER, sont donc inverses l'une de l'autre.

Une comparaison se présente naturellement à l'esprit. Elle nous est fournie par cette circulation grandiose de l'eau à la surface du globe que SHELLEY et Mme ACKERMANN ont dépeinte en vers admirables. Sans cesse, l'énergie solaire pompe l'eau de l'Océan, l'élève sous forme de vapeur qui se réunit en nuages, transportés au loin par les courants de l'atmosphère. Les nuages se résolvent en pluie, retombent sur la Terre, forment les ruisseaux, les rivières et les fleuves, et retournent ainsi peu à peu à l'Océan d'où ils viennent.

Il y a donc toujours de l'eau liquide et de l'eau vaporisée : celle-ci dérive de celle-là et la régénère à son tour, tout comme la matière vivante a sa source dans la matière inerte, et y retourne. A chaque instant, si l'on envisage toute la Terre, des nuages naissent et des nuages meurent. En faut-il déduire, à l'exemple de PREYER, une loi de la conservation des nuages, d'après laquelle la quantité totale de vapeur d'eau serait invariable? Non, sans doute. Lorsqu'il pleut ici, la quantité de vapeur d'eau diminue, et l'on n'aperçoit aucun motif pour qu'à ce même moment une quantité équivalente d'eau liquide se vaporise ailleurs. C'est un cycle : la même eau sert indéfiniment, mais rien n'empêche qu'il n'y ait, suivant les circonstances, un peu plus de vapeur ou un peu plus de liquide.

De même, il y a une circulation de la matière, qui passe de l'inorganique aux organismes, pour retourner à l'inorganique, incessamment. Mais rien n'oblige à admettre une équivalence perpétuelle entre la somme des naissances et des décès de protoplasma. Il existe un cycle vital, mais non une constance de la somme de vie.

III

Que reste-t-il de la prétendue loi? Que l'univers est fort grand, qu'il est à peu près dans un état d'équilibre et que, par conséquent, les changements qui s'accomplissent en lui à chaque instant sont comme noyés dans son immensité. Il y a loin de cette vérité modeste aux grands principes de la conservation de la matière et de la permanence de l'énergie.

Preyer lui-même paraît du reste s'être aperçu que sa loi n'a rien de bien rigoureux. Car tout en écrivant $Mz : Mn = K$, il traduit cette égalité par la phrase que j'ai déjà citée : « Le rapport de la quantité totale de matière vivante à la quantité totale de matière non vivante qui existe en même temps, oscille autour d'une constante K. » La fixité et l'oscillation, ce n'est cependant pas tout à fait la même chose. Malgré cela, l'auteur raisonne, à plusieurs reprises, dans la suite, comme s'il s'agissait d'une égalité véritable.

Il n'est pas mauvais de revenir à notre comparaison de tantôt. Nous ne savons pas si le total d'eau liquide sur la Terre est à peu près constant, ou s'il varie d'un siècle à l'autre. Mais il y a tant d'eau ici-bas, et les conditions de climat depuis les temps historiques ont si peu changé, que l'on admettra volontiers une

quasi-constance de la masse totale d'eau liquide. Cela n'autorise pas le moins du monde à faire de cette quasi-constance une loi naturelle. Pour s'en convaincre, il suffit d'embrasser d'immenses périodes de temps. D'après les témoignages concordants de l'astronomie, de l'astrophysique, de la géologie, la Terre a débuté par une phase d'incandescence qui ne permettait point à l'eau de subsister à l'état liquide. La quasi-constance de la quantité d'eau liquide n'est donc qu'une illusion, qui se dissipe lorsque l'on porte les regards assez loin en arrière.

C'est aussi en remontant dans le passé que l'on aperçoit le mieux l'inexactitude de la loi de PREYER, et que l'illusion d'une constance ou d'une quasi-constance de la vie s'évanouit complètement. Je ne parle même pas de l'époque carbonifère, pendant laquelle vivaient les plantes dont les cadavres devinrent la houille. Certes, la vie végétale devait être alors plus intense que de nos jours. Mais on pourrait, à la rigueur, supposer que le règne animal était d'autant moins développé. Remontons encore plus haut. La température excessive de la Terre à l'origine, incompatible avec l'eau liquide, ne se concilie pas davantage avec l'existence d'êtres vivants comparables à ceux que nous connaissons. PREYER n'a-t-il pas, jadis, prononcé lui-même cette parole : « Sans humidité, point de vie (1) » ? La Terre, comme on dit en géologie, a dû passer par une période azoïque. Et les premiers organismes ont dû y apparaître, à un moment donné, comme apparut un jour la première goutte d'eau.

Si l'on accueille les conclusions des astronomes et des astrophysiciens, des géologues et des paléonto-

(1) *Naturwissenschaftliche Thatsachen und Probleme*, page 13.

logistes, la vie a donc eu un commencement sur notre globe; elle s'est épanouie, elle pourra décliner et disparaître un jour, et il ne saurait être question d'une loi d'après laquelle elle se conserverait, constante et indestructible.

IV

Mais PREYER, qui est, comme je l'ai dit, un esprit singulièrement ingénieux et fertile en ressources, ne manquerait pas de nous répondre qu'il n'accepte point la période azoïque des géologues. D'après lui, la vie n'a point eu de commencement.

C'est même là une de ses théories les plus hardies.

Dans ses *Hypothèses sur l'origine de la vie* (1), il discute d'abord la génération spontanée. Il la repousse comme extrêmement improbable. Il examine ensuite l'hypothèse du peuplement de notre planète grâce à des germes extra-terrestres, des cosmozoaires, comme il les appelle, apportés ici-bas par les aérolithes ou les poussières cosmiques. Sans rejeter cette idée d'une façon absolue, il la déclare peu satisfaisante. Mais alors, comment résoudre le problème? C'est bien simple : en le supprimant. Au lieu de partir de l'éternité de la matière inerte pour expliquer l'origine des premiers êtres vivants, PREYER admet l'éternité de la vie. Ce qui est récent, ce dont il faut expliquer l'origine, ce n'est plus l'organique, mais bien l'inorganique : l'inorganique, c'est de la matière morte, et ce qui est mort, ne peut être que le résidu de ce qui a

(1) *Deutsche Rundschau*, avril 1875, et *Naturwissenschaftliche Thatsachen und Probleme*, Berlin, 1880, pages 33 et suivantes.

vécu (1). Observons en passant que si la vie seule est éternelle, si l'inorganique a eu un commencement dans le temps (2), cela suffit à renverser la prétendue loi d'après laquelle M*n* comme M*z* est éternel et constant. Mais glissons.

A l'époque où la Terre était ignée, il n'y avait évidemment rien de semblable aux organismes actuels. Aussi PREYER suppose-t-il des organismes formés de tout autres substances, des pyrozoaires pourrait-on dire : « des organismes gigantesques et incandescents, dont l'haleine était peut-être de la vapeur de fer enflammée, dont le sang était du métal en fusion, et à qui des météorites servaient peut-être de nourriture (3) ». Et de même que les calcaires fossiles sont les restes d'animaux très anciens analogues à ceux qui existent encore, les métaux lourds, les basaltes, les granits, sont pour PREYER les cadavres de ces organismes primordiaux.

L'idée, assurément, a quelque chose d'épique, et cette façon de tourner la difficulté déroute à première vue. Mais on avouera qu'il y a dans tout cela beaucoup d'hypothèse — et assez peu de vraisemblance. Si PREYER admet que la Terre a été en fusion ignée (4), il doit admettre aussi, avec la cosmogonie de KANT et de LAPLACE, qu'elle a d'abord été gazeuse. Et des organismes gazeux, c'est là une notion tellement contradictoire que je doute si l'esprit le plus paradoxal osera aller jusqu'à la soutenir.

Nous répondra-t-on, par hasard, que PREYER va

(1) *Das Dogma der Urzeugung* (*Naturwissenschaftliche Thatsachen und Probleme*, pages 304 et 318) ; — et *ibidem*, page 52.

(2) *Naturwissenschaftliche Thatsachen und Probleme*, pages 62, 51 et *passim*.

(3) *Ibidem*, page 60.

(4) *Ibidem*, page 35.

bien jusqu'aux organismes ignés, mais qu'il recule devant les organismes gazeux? Nous retomberions alors dans la génération spontanée ou tout au moins dans les cosmozoaires — c'est-à-dire dans l'une des deux hypothèses auxquelles il veut précisément nous soustraire.

V

Acceptons cependant les pyrozoaires, et l'éternité de la vie, et l'origine organique de la matière inorganique. Cela sauvera-t-il la « loi de la conservation de la vie »?

Voyons. Le stock alimentaire était donc jadis bien différent de ce qu'il est maintenant et les organismes étaient formés d'une tout autre pâte. Ce que PREYER désigne par M*z* était tout autrement délimité qu'à présent. Comment croire, si ce n'est par la plus gratuite des suppositions, que la quantité totale de ce protoplasme si différent du nôtre fût exactement égale au protoplasme qui constitue les animaux et les plantes de l'an de grâce 1891? Quel lien établir entre choses si disparates? Quelle est la mystérieuse équation qui empêche les organismes d'aujourd'hui d'engendrer un peu plus ou un peu moins de protoplasme qu'il n'y avait de métal fondu et de basalte vivant dans les pyrozoaires chimériques des âges pré-cambriens?

Vraiment, il faut accumuler à plaisir hypothèse sur hypothèse pour donner un semblant de base à la prétendue loi.

Cette formule : « La quantité totale de protoplasme vivant dans l'univers est invariable », n'a plus de sens quand on cherche à

l'appliquer aux pyrozoaires imaginés par PREYER, puisque nous ne savons pas du tout ce qui méritait le nom de « protoplasme vivant » à cette époque fabuleuse. Mais elle n'a pas davantage une signification précise pour les organismes actuels. Toute la masse qui compose un être vivant n'est pas vivante. PREYER le sait bien, et il a soin de nous dire que les coquilles, les produits épidermiques, les concrétions, et aussi les plantes et les animaux en état de vie latente, les germes, les œufs dont le développement n'a pas encore commencé, rentrent dans sa catégorie M*n* et non dans la catégorie M*z*. Celle-ci n'embrasse « que les parties vivantes des êtres en cours de développement, soit progressif, soit régressif, dans lesquelles se manifestent les phénomènes de la vie ». Cette définition comprend-elle les membranes cellulaires, le contenu des vacuoles, les noyaux? S'applique-t-elle au moins à tout ce que l'on a coutume de désigner sous le nom de protoplasme cellulaire ou de cytoplasme ? Un grain d'amidon, un grain protéique, un grain de chlorophylle, renfermé dans le protoplasme, sont organisés; mais sont-ils vivants ?

Nous n'avons pas de critérium absolu qui nous permette de dire pour chaque granule de protoplasme : « Celui-ci est vivant, celui-là ne l'est point. » Cependant, si la loi de PREYER est vraie, si la quantité totale de vie dans l'univers est, suivant ses expressions, « aussi constante que les quantités totales de matière et d'énergie », il n'y a pas à dire : il faut pouvoir la mesurer, il nous faut savoir pour chaque granulation protoplasmique si elle est vivante ou non.

En tout cas, puisque ce ne sont pas les mêmes éléments qui constituaient la matière vivante à l'époque des organismes ignés et aujourd'hui, la pré-

tendue constance ne s'applique à rien de concret. Cette quantité totale de vie, qui se conserve et qui ne change jamais, est un fantôme insaisissable, une entité mystérieuse, une véritable force vitale. Est-ce à cela que l'on veut nous ramener?

VI

Grâce à l'obligeance de PREYER, je viens de recevoir le discours qu'il a prononcé le 23 mars dernier à la Société de chimie de Berlin (1). Ce n'est pas le moment d'examiner à fond la nouvelle hypothèse que l'auteur présente avec son talent habituel. J'en veux seulement tirer un argument pour la question qui nous occupe.

Reprenant l'idée de PROUT et de NORMAN LOCKYER, que GUSTAVE WENDT a développée récemment, PREYER pense que les différents corps simples de la chimie sont nés peu à peu, les uns des autres. Tous proviendraient en dernière analyse d'un très petit nombre d'éléments ancestraux ou même d'une matière primordiale unique (Urmaterie). Le système périodique de MENDELEÏEFF doit être remplacé par un système génétique, véritable arbre généalogique des éléments.

Eh bien! cette hypothèse exclut celle de l'éternité de la vie. Car la vie suppose nécessairement des changements physiques et chimiques complexes, absolument inconcevables dans une Urmaterie, dans une substance primitive et simple. « Quelque chose qui est composé peut seul avoir des fonctions physiologiques ou vivre. » La phrase n'est pas de moi : elle est de PREYER lui-même (2).

(1) *Die organischen Elemente und ihre Stellung im System*. Wiesbaden, 1891.
(2) *Der Lebensbegriff* (*Naturwissenschaftliche Thatsachen und Probleme*, page 316).

Tout comme la conservation de la vie, l'éternité de la vie telle que l'entend l'éminent physiologiste de Berlin, ne nous paraît donc pas autre chose qu'un brillant mirage. De quelque côté qu'on les envisage, ces prétendues lois aboutissent à des contradictions, à des hypothèses arbitraires, à d'insurmontables difficultés. La démonstration de l'auteur repose, à notre sens, sur l'emploi du même symbole pour désigner deux quantités différentes. Les sciences géologiques et astronomiques s'élèvent contre l'éternité de la vie dans le passé, tout au moins pour notre système solaire, le seul sur lequel il soit possible de risquer une hypothèse sérieuse. Et un flacon de sublimé corrosif suffit pour réfuter l'indestructibilité de la vie.

—

En relisant cet article, je m'aperçois que j'ai un peu l'air de prendre Preyer à partie. En réalité, c'est là encore une façon d'hommage à son mérite incontesté. C'est parce que ses idées sont originales, suggestives, séduisantes, que ceux qui ne les partagent pas ont le devoir de les discuter pied à pied. Mais je n'aurai réussi à bien rendre ma pensée que si le lecteur découvre, sous toutes mes critiques, une vive et sincère admiration.

Juin 1891.

LE LIBRE ARBITRE

EN FACE DE

LA PHYSIQUE CONTEMPORAINE (1)

PAR M. RAOUL PICTET
Professeur émérite à l'Université de Genève

Un des caractères distinctifs des temps où nous vivons consiste dans une recherche aiguë du vrai, recherche dépouillée des partis pris, des préjugés et des doctrines. Grâce à cette recherche, les hommes de science s'occupent de plus en plus du domaine intellectuel et moral qui, jusqu'à ces dernières années, semblait se soustraire aux investigations de la science pure pour rester le terrain de combat des philosophes et des ecclésiastiques.

En voyant un homme marcher, agir dans la vie privée et publique, en constatant le rôle de l'humanité sur terre, on est obligé de considérer l'homme vivant comme un appareil de physique digne de toute l'attention des observateurs. L'homme est-il une machine complexe, obéissant fatalement aux conditions physico-chimiques de ses rouages, ou bien est-il doué d'un principe de spontanéité correspondant aux notions élevées que nous nous faisons sur les causes de la liberté des actes, du libre arbitre? Toute la morale, toute la psychologie dépendent de la réponse à cette question.

La théorie matérialiste pure, telle que beaucoup de savants l'enseignent, consiste à ramener tous les phénomènes de la vie, y

(1) Pour faciliter la lecture du travail suivant de LÉO ERRERA, nous avons imprimé le résumé complet de la conférence de M. RAOUL PICTET, donnée le 17 février 1893 au Cercle Universitaire et au Cercle La Conférence, de Bruxelles.

compris tous les actes des hommes, dans le giron unique des phénomènes mécaniques. La liberté, au sens propre du mot, serait, d'après cette théorie, une illusion ; tous les actes, toutes les pensées de notre être seraient aussi déterminés que le mouvement d'un pendule, le passage d'une étoile au méridien, ou la marche d'une montre. Pour pouvoir critiquer utilement la théorie matérialiste et la renverser de fond en comble, il faut d'abord l'exposer dans ses traits saillants et faire sentir le facteur d'attraction intense qu'elle porte en elle, facette séduisante au premier abord par la colossale unité qu'elle offre comme synthèse pour l'explication de tous les phénomènes cosmiques.

La base de la théorie matérialiste est celle-ci : Dans le monde, il n'y a que de la matière en mouvement. Nous n'observons jamais autre chose que de la matière sous une forme ou sous une autre, et cette matière se meut. Dans son mouvement, la matière choque d'autres portions de matière, possédant des vitesses et des directions de mouvement autres. La mécanique enseigne que les quantités de mouvement de la matière sont constantes dans l'univers ; donc, tout mouvement perdu dans une parcelle de matière se retrouve forcément dans une autre ; de là l'équivalence des forces de la nature, de là la grande loi de la constance de l'énergie dans le monde.

Le mouvement actuel est donc le seul élément observable, palpable, c'est la seule chose réelle.

Les forces n'existent que comme cause du mouvement, elles représentent des mouvements actuels de matière, dissimulés ou visibles : une bille d'ivoire vient frapper une bille immobile, la cause et l'effet sont visibles.

Un corps est pesant, la pesanteur proviendrait des chocs invisibles de l'éther sur la matière des corps.

De même les attractions magnétiques et électriques ; de même les pensées, les volontés de notre cerveau.

Tout provient de ces conflits calculables pour une intelligence qui saurait tout et qui verrait les chocs de chaque particule existante de tous les corps de l'univers.

Donc l'homme n'est point libre, il est fatalement lié aux

conditions physico-chimiques de son milieu; tout acte de liberté propre, tout mouvement spontané renverserait l'échafaudage des conséquences auxquelles conduit la science moderne; un acte de volonté libre ne devrait pas avoir d'antécédent, il créerait de la force ou de l'énergie sans compensation; donc, il est impossible! Voilà l'argument fondamental sans réplique, péremptoire, avec lequel les matérialistes purs closent toute discussion sur ce sujet.

Cette théorie matérialiste a donc comme conséquence de réunir la mécanique, la physique, la chimie, la biologie et toute la psychologie sous le même drapeau : l'étude du mouvement nécessaire de la matière; elle présente le caractère esthétique de l'unité et paraît découler de postulats irréfutables qui peuvent se résumer dans celui-ci, comprenant tous les autres : La création du mouvement sans cause ou le mouvement perpétuel étant impossible, un phénomène quelconque est fatalement la conséquence du milieu où il se produit; déterminer ce milieu, c'est définir du même coup le mouvement résultant des conditions de ce milieu.

En résumant sous cette forme la théorie matérialiste, nous ne pensons pas lui avoir fait tort; nous lui avons laissé tous ses arguments, les seuls qui soient captivants, les seuls qui soient susceptibles de donner le vertige à la pensée et de fixer les croyances chez l'homme de raison.

La physique expérimentale a donc le droit d'intervenir et d'étudier le problème de l'homme à ce titre spécial : L'homme a-t-il ou n'a-t-il pas de libre arbitre? Telle est la question importante que nous allons chercher à élucider.

Assistons par la pensée à la première expérience de physique faite dans le monde.

Un être conscient existe, il est placé en face de la nature; admettons pour commencer qu'il ne sache pas encore se servir de son système musculaire; il se contente alors d'enregistrer des sensations qu'il emmagasine dans sa mémoire. Les impressions visuelles, auditives, le froid, le chaud, l'effet des chocs et des pressions sur la peau, etc., etc., telles sont les seules et uniques connaissances qu'il

possède. La notion de l'espace, la notion de la force lui font complètement défaut; la notion du temps est rudimentaire et ne provient que de la succession des sensations perçues.

Au moment où apparaît le premier mouvement musculaire conscient, l'homme fait sa première expérience de physique. Il découvre du premier coup l'espace, qu'il constate par le mouvement du bras, et, au premier contact avec les objets qui l'entourent, il sent en lui l'effort musculaire, origine de la notion de force. Il a vécu sa première expérience, l'observateur qui peut dire avec conviction et compréhension des termes les mots espace, force, temps.

En constatant, par des mouvements volontaires et conscients, les efforts qu'il faut faire pour déplacer les objets qu'il rencontre, l'observateur a fait des comparaisons; elles se traduisent en physique par les mesures.

Mesurer une force est donc la comparer à un effort musculaire conscient et volontaire, n'ayant pas le caractère d'une crampe.

A l'origine de la science, nous trouvons le kilogramme, qui est la constatation numérique sous forme d'étalon d'un acte de volonté consciente, fondement de la mécanique. Examinons de plus près cette fixation des unités destinées à mesurer les efforts de la pesanteur ou de nos muscles, car c'est à cette date, la plus reculée des annales scientifiques, que se place la saine interprétation des mots employés plus tard. Le physicien prend une pierre dans la main, il la soulève volontairement et a conscience de son effort; il en prend une autre plus petite, il éprouve un effort moins grand; il en prend une autre (c'est un métal lourd) plus petite que la seconde; l'effort, cette fois-ci, est plus grand. Voilà trois observations faites par les muscles. Sous cette forme, elles sont inutilisables numériquement; il faut remplacer l'effort musculaire conscient et senti par des mesures précises : le physicien construit la balance et établit le kilogramme. Il se rappelle l'effort du kilogramme dans la main; il fixe cette unité dans sa mémoire et compte ensuite toutes les forces au moyen de cette unité. C'est la raison pour laquelle les changements de mesures chez tous les peuples sont toujours une source de

grandes difficultés; l'humanité a de tous temps été conservatrice en fait de mesures.

En comparant les forces, en créant le kilogramme, l'homme a eu conscience absolue des ordres musculaires donnés, des effets produits, origines scientifiques indissolublement liées à l'apparition de l'unité des poids.

Avec la force, l'espace et le temps, la physique contemporaine a créé tous les chapitres de l'astronomie et de la mécanique, c'est-à-dire tout ce qui a trait à la matière pondérable.

En étudiant la chaleur, l'électricité, l'optique, la physique expérimentale a constaté des phénomènes spéciaux qui ont forcé d'admettre l'existence d'un corps autre que la matière pondérable : l'éther.

L'éther est un corps hypothétique dont l'inertie, soit la résistance directe à notre système musculaire, est trop faible pour être perçue, mais dont l'énergie est constatée indirectement par le passage de la chaleur et de la lumière au travers des espaces sidéraux. L'éther est ainsi devenu peu à peu une vérité nécessaire pour l'explication des phénomènes naturels. On n'a jamais pu isoler l'éther, on ne le constate jamais directement, et cependant, pas un physicien sérieux ne rejette l'hypothèse de l'éther aujourd'hui.

Curieuse situation scientifique dont jouit ce corps!

La meilleure définition de l'éther est celle-ci : C'est un corps dont les propriétés sont telles, qu'elles expliquent le plus simplement possible l'ensemble des phénomènes où il se fait sentir! C'est une hypothèse née de la causalité dont notre intelligence est douée et d'une immense série d'observations où la balance est restée muette quand on a voulu peser les causes des phénomènes.

Nous préférons admettre l'existence de l'éther à l'énoncé pur et simple d'une nomenclature de faits sans attache les uns avec les autres. La méthode scientifique ne rejette nullement cette hypothèse; elle oblige seulement à préciser de plus en plus les qualificatifs afférents à ce corps.

Outre les phénomènes physiques qui ont amené en science la

notion de matière pondérable et l'hypothèse de l'éther, nous constatons, dans le monde, des phénomènes spéciaux qui sont irréductibles aux précédents : ce sont toutes les manifestations de la sensibilité, de la volonté, de l'intelligence et en dernier lieu l'esthétique, sorte d'appel à la recherche du bonheur, orientée dans une direction spéciale appelée le beau, le vrai, le bien.

Le sujet qui sent et qui a conscience de sa sensation ne peut être à aucun degré le mouvement de la matière pondérable ; ce ne peut être non plus l'éther, ni son mouvement ; ce sujet sensible, c'est ce qu'on nomme l'âme, c'est l'individu psychique.

L'observation attentive des phénomènes naturels conduit ainsi la science à admettre trois catégories d'entités : la matière pondérable, l'éther, l'âme.

Les principes directeurs de la pensée sont la logique ou l'esthétique du vrai, ses lois sont formelles ; l'art ou l'esthétique du beau, la morale ou l'esthétique du bien.

Les lois de l'art et de la morale sont loin d'avoir la netteté des lois de la logique. Cette dernière, cependant, a des contours ténébreux où les opinions des hommes diffèrent souvent.

La théorie matérialiste tend à supprimer des entités l'âme, et à la représenter comme la résultante pure et simple des forces physico-chimiques du milieu cérébral ; elle fait des efforts aussi pour se débarrasser de la notion de l'éther.

Outre ces trois entités, amenées par l'observation pure et sans aucune théorie préconçue, la mécanique a été forcée d'accepter la notion du potentiel. Pour faire entendre ce point capital dans la science contemporaine, prenons un exemple. La pierre au sommet de la pyramide d'Égypte a été montée par les générations passées, il y a quelque mille ans. Vient-on à laisser redescendre cette pierre dans la plaine, on constatera que le travail qu'elle peut fournir par sa chute actuelle correspond exactement à l'effort produit autrefois pour lui faire atteindre sa position élevée. Où est actuellement ce travail? Est-il dans la pierre? Dans la terre? Dans l'éther? Nul ne saurait le dire, c'est un potentiel

Il résulte de cette définition, qu'en science on n'observe jamais un potentiel, mais seulement l'effet qu'il produit quand on le transforme en mouvement ou énergie actuelle. La notion du potentiel est cependant devenue si nécessaire à l'explication des phénomènes mécaniques, que la loi de la constance de l'énergie dans l'univers dit : « La somme des forces vives actuelles et du potentiel est constante dans la nature. »

On a été contraint, pour respecter la vérité de l'observation, d'assimiler le potentiel, inobservable en lui-même, à l'énergie actuelle, seule chose perçue directement.

Nous venons de relater à grands traits les diverses étapes parcourues par la science et les notions essentielles qu'elle a consacrées par l'examen attentif des phénomènes naturels. Examinons maintenant face à face la question du libre arbitre en tenant compte de tout ce qui précède :

A l'origine de la physique expérimentale, nous trouvons d'abord le sujet sensible, conscient, soit l'âme.

Par le mouvement musculaire conscient et volontaire, l'âme prend possession de l'espace.

Par l'effort conscient et volontaire, l'âme prend la connaissance de la force.

L'origine du kilogramme et du kilogrammètre est donc un mouvement volontaire, conscient, exécuté avec préméditation par le sujet, soit par l'âme.

Toute la mécanique basée sur le kilogramme et le kilogrammètre, acceptant le potentiel à égalité avec le kilogrammètre, est la fille directe de la liberté consciente de l'âme, se manifestant par des ordres donnés aux muscles et exécutés par eux.

La théorie matérialiste en science est donc un cercle vicieux, c'est une fille qui renie sa mère !

La science née de la liberté consciente ne saurait conclure en l'étranglant.

Pour finir cet exposé, définissons clairement ce que c'est que la liberté ou le libre arbitre, au sens le plus précis du mot; pour

cela, construisons de toutes pièces un être que nous rendrons libre par principe même.

Cet être libre sera conscient, intelligent et il aura des goûts. Il recherchera le bonheur dans une certaine direction; autrement, tout lui étant parfaitement égal, il n'aurait aucune raison de modifier en rien l'état des choses, et un caprice sans règle le conduirait à l'immobilité.

Cet être sensible, conscient et dirigé par l'esthétique vers la recherche du bonheur, possède la mémoire comme ressource due à l'expérience acquise.

Grâce à la mémoire, il sait quels sont les mouvements musculaires qu'il peut exécuter, il en connaît l'étendue et la force. Il apprécie la valeur des obstacles placés sur la route, et alors le conflit des pensées intervient : Que ferai-je? Il discute avec lui-même pour décider, en connaissance de cause, lequel de tous les mouvements possibles il exécutera pour obtenir le maximum de bonheur, ou le minimum de peine.

Dans cet examen préalable, le sujet n'a donné encore aucun ordre, il sait avec conviction que devant lui s'étale un secteur disponible; c'est la totalité des mouvements possibles et qu'il a conscience de pouvoir exécuter sans aucune incertitude. La liberté dans le sens le plus relevé du mot, ou le libre arbitre, consiste uniquement dans la conscience parfaite de ce secteur disponible et une vue claire de sa surface, avant qu'aucun ordre ait été donné, dans la période d'incubation de la volonté intelligente.

Il est impossible de donner une autre définition logique du mot liberté. Un homme enchaîné n'est pas libre, un homme paralysé non plus. Un homme riche est plus libre qu'un pauvre de toute l'immense surface de secteur disponible que lui procure son argent.

Si donc un sujet conscient, une âme est constituée libre, il faut qu'après avoir fait son choix parmi tous les mouvements du secteur disponible, elle puisse donner l'ordre aux muscles et faire passer dans le domaine physique extérieur l'expression mécanique de la pensée. A ce moment la liberté s'évanouit, le sujet

s'est orienté, déterminé, il fait acte de volonté. Il se passe dans l'intérieur de l'encéphale un mystérieux contact entre l'âme et le corps, qui déclenche une série de réactions chimiques, lesquelles entraînent par les lois précises de la physiologie les mouvements extérieurs.

C'est exactement ce qui se passe; et en construisant de toutes pièces un être libre, on tombe exactement sur l'homme sain, « mens sana in corpore sano ».

Nous ajouterons qu'il est impossible de dire aujourd'hui en science si l'ordre donné à la première cellule des centres nerveux, au moment d'un acte de volonté, absorbe ou procure du travail mécanique, car la structure chimique de la matière cérébrale présente au plus haut point le caractère d'instabilité. Les composés d'azote et de phosphore, qui se trouvent abondants dans l'encéphale, se forment ou se dissocient sans absorber ni perdre de chaleur d'une façon appréciable. Le premier contact de l'âme avec le corps à chaque acte volontaire paraît être une petite explosion aux profondeurs des centres nerveux, explosion d'un corps azoté produite par une excitation dont la nature est encore inconnue.

Ce qu'il y a de certain, c'est que le potentiel de l'âme ne peut se manifester que dans des milieux présentant une constitution éminemment instable, et dont les changements moléculaires réagissent sur un système musculaire en relation directe avec ce milieu.

La tête de l'homme en santé représente ce milieu avec le maximum de développement.

De tout ce qui précède, nous pouvons conclure avec une affirmation absolue ce qui suit :

L'âme humaine libre et consciente est la première constatation scientifique de la physique expérimentale.

Les principes directeurs de l'âme, ou l'esthétique dans le sens le plus général, orientent les goûts ou désirs de l'homme.

La mémoire apprécie directement l'élément de liberté

accordé à chaque âme par la conscience nette du secteur disponible, somme de tous les mouvements possibles.

Le libre arbitre existe donc dans chaque homme en proportion directe de la conscience du secteur disponible.

La science contemporaine, qui a admis la matière pondérable, l'éther et le potentiel, est forcée de reconnaître l'âme pour satisfaire aux exigences des constatations des faits observés; l'analyse montre que l'âme est le résultat de la première observation scientifique.

DEUX MOTS
SUR LE LIBRE ARBITRE
EN FACE DE
LA PHYSIQUE CONTEMPORAINE (1)

(A PROPOS DE LA CONFÉRENCE DE M. RAOUL PICTET)

Que l'on se déclare ou non convaincu par la brillante argumentation du physicien de Genève, on doit lui savoir gré d'avoir choisi un tel sujet. Il est bon d'agiter de temps en temps ces grands problèmes de matière, de force, de libre arbitre, presque aussi vieux que l'humanité, mais d'actualité éternelle, et d'autant plus passionnants qu'ils sont peut-être insolubles.

Le résumé qu'on vient de lire de la belle conférence de M. RAOUL PICTET en retrace fidèlement les lignes principales. Pour lui, les faits observés autour de nous et en nous-mêmes ne peuvent s'expliquer si l'on n'admet au moins trois catégories d'entités distinctes et irréductibles : la matière pondérable; l'éther; l'âme.

En cela, il se rencontre quelque peu avec un chimiste américain de mérite, JOSIAH COOKE, l'auteur de *Religion and Chemistry*, qui formule ainsi sa profession de foi :

« La matière est indestructible et se mesure par le poids.

» L'énergie est indestructible et se mesure par le travail.

(1) Cette note a paru dans la *Revue Universitaire*, Bruxelles, 15 mars 1893.

» L'intelligence est indestructible et se mesure par l'adaptation. »

On remarquera du reste que ces trinités ne concordent pas plus avec le dualisme classique des métaphysiciens qu'avec les exigences d'un « monisme » intransigeant.

Si je ne me trompe, le raisonnement de M. Pictet dans sa conférence du 17 février peut être condensé de la sorte :

1° Il y a des faits que nous n'arrivons pas à mettre en équations, qui ne se ramènent ni à la matière pondérable, ni à l'éther. Donc, ils doivent dériver d'un facteur étranger aux équations habituelles de la mécanique, de la physique, de la chimie. Ce facteur, nous l'appellerons l'âme;

2° Nous nous sentons libres, donc nous le sommes;

3° Le libre arbitre est confiné dans la sphère des phénomènes intellectuels de comparaison et de choix, où il n'y a pas de décompositions chimiques. Car, dès que le moi a donné son ordre au cerveau, la chaîne ininterrompue des réactions matérielles commence, et celles-ci échappent à la liberté.

I. — Faut-il mettre en garde contre cette erreur commune de prendre les bornes de notre savoir pour les limites de la science? N'a-t-on pas envisagé tous les phénomènes astronomiques quelque peu extraordinaires — éclipses de soleil et de lune, apparitions de comètes — comme des signes de la colère céleste, donc voulus et échappant à la fatalité? Le progrès de la science a permis de les ramener à des lois, de les calculer, de les prédire — et ce domaine a été soustrait pour toujours à la liberté et au caprice.

Houzeau raconte dans son *Étude de la nature* que

l'on a longtemps affirmé, juré, consigné dans des procès-verbaux authentiques que les lampes trouvées dans les tombes romaines brûlaient encore après quinze siècles, au moment où la tombe était ouverte. Il a suffi que la théorie de la combustion fût bien établie par LAVOISIER pour que plus jamais ce phénomène n'ait été observé. Et nul ne songe aujourd'hui à faire échapper la combustion d'une lampe au déterminisme de l'oxydation.

De ce que nous ne voyons pas clairement l'enchaînement inéluctable de certains faits, devons-nous conclure que cet enchaînement n'existe point? Chaque jour n'amène-t-il pas le rattachement de quelque nouvel ordre de phénomènes, de quelque maille nouvelle, au réseau universel des effets et des causes?

Évitons de nous laisser prendre par le vertige des phénomènes complexes. Devant le spectacle étincelant des actions et des réactions humaines, l'éblouissement est si naturel qu'il se produit chez les esprits les plus éminents. Il est naturel surtout chez les savants qui, s'adonnant à des sciences plus simples que celles de la vie, veulent, bon gré, mal gré, voir aussi clair dans une cellule nerveuse que dans une révolution planétaire.

Bien des indices doivent cependant nous rendre très réservés en ce genre de conclusions découragées, et, contre un tel vertige, l'histoire de la science nous offre assez de garde-fous.

De quoi s'agit-il, en somme, chaque fois que l'on affirme l'antithèse entre les lois fatales de la matière et la liberté morale? De ce que les lois de la matière paraissent simples et calculables, et les lois de l'esprit infiniment compliquées et rebelles à toute prédiction, au point de n'être plus même des lois. — Illusion

étrange! Rien, en réalité, n'est simple; tout est complexe, ce que l'on nomme matière aussi bien que ce que l'on nomme esprit, parce que dans l'univers tout agit et réagit sur tout. Une goutte d'eau qui tombe, une mouche qui s'envole, un infusoire qui avance ou recule d'un millième de millimètre, déplacent le centre de gravité de la terre et, par là, changent la marche de tous les astres dans tous les systèmes. Nous ne pouvons donc pas plus prédire rigoureusement l'orbite d'une planète que le cours de la volonté humaine; de part et d'autre, nos équations ne sauraient embrasser toutes les variables. Seulement, ici, la complication est encore beaucoup plus grande que là et, partant, notre approximation est encore beaucoup moindre.

Il semble, comme nous le disions ailleurs, que ce point de vue, souvent méconnu, permette de saisir mieux l'unité profonde qui relie tous les phénomènes.

II. — Nous voici au second point : « Nous nous sentons libres, donc nous le sommes. »

C'est montrer en nos impressions subjectives une confiance à laquelle le spiritualisme le plus orthodoxe commençait à renoncer.

Vous apercevez un aigle et un brin d'herbe. Quoi de plus évident que leur absolue différence? L'un fend l'espace, s'élève ou s'abaisse sans règle apparente, représente le mouvement dans ce qu'il a de plus grandiose et de plus libre; l'autre, fixé au sol, est l'immobilité et la sujétion mêmes. Voilà deux êtres entre lesquels l'observation journalière ne révèle aucun lien. Et malgré cela, l'étude patiente a montré qu'ils se ressemblent plus qu'on ne saurait croire, que les caractères communs abondent, et qu'entre l'un et l'autre une chaîne presque ininterrompue d'organismes

intermédiaires établit le rapport et proclame la parenté. Et cette chaîne, elle se continue sans brisure et sans heurt jusqu'à l'homme lui-même y compris. Cependant, ne croyons-nous pas sentir avec certitude qu'il y a entre nous et le brin d'herbe une incommensurabilité absolue, d'irréductibles antithèses?

L'enfant qui ignore encore la juste étendue de ses moyens — ce que M. PICTET appelle si joliment : le secteur disponible — se sent capable de saisir la lune avec la main et il est convaincu qu'il l'atteindra.

Si l'une de nos mains est très chaude et l'autre très froide, le même objet nous semblera froid ou chaud selon la main avec laquelle nous le toucherons.

Mais, direz-vous, cette illusion, comme celle de l'enfant, se rapporte à des objets extérieurs. Soit. Suis-je donc plus infaillible lorsque je parle de mes états de conscience?

Quand je déclare : « J'ai chaud! », nous disait M. PICTET, les plus beaux raisonnements du monde ne feront pas que j'aie froid. Et, de même, lorsque je dis : « Je me sens libre! »...

Voilà qui semble bien catégorique. A-t-on donc oublié que les amputés sentent des douleurs dans les membres qu'ils n'ont plus? Ils en sont convaincus, au même titre que l'homme qui a chaud. Et ils se trompent. La conviction, quelque interne, quelque intime qu'elle soit, n'exclut point l'erreur.

Il y a des illusions d'optique si profondément inhérentes à notre œil que la preuve même de leur fausseté ne nous en préserve pas. Qui sait si notre liberté n'est pas une illusion d'optique intellectuelle?

En isolant artificiellement un organisme ou un phénomène, on s'exagère bien vite la valeur de ses

traits distinctifs. C'est là un danger que les naturalistes connaissent et dont ils cherchent à se garder par une étude comparative aussi étendue que possible, par une recherche soigneuse des gradations et des «affinités».

Pour scruter la nature du libre arbitre, est-ce bien la marche rationnelle que de s'attacher uniquement aux spécimens les plus élevés d'une seule espèce zoologique, l'*Homo sapiens*? On a cependant plus de chance de surprendre la genèse et, si l'on peut dire, les facteurs de la liberté, en tenant compte des milieux psychologiques plus simples où le problème se pose. Le sauvage, l'enfant, le fou sont-ils libres? Nos frères les animaux le sont-ils? Et — dût la question sembler impertinente pour nous éclairer sur notre propre libre arbitre — la bactérie est-elle libre de rechercher ou d'éviter un liquide sucré, un globule blanc peut-il, à sa volonté, marcher à l'assaut d'un microbe pathogène ou le fuir? La plante que frappe un rayon de soleil a-t-elle le choix de sa direction de courbure? Pour tous ces êtres, placés dans des conditions déterminées, où donc est le secteur disponible?

III. — M. Pictet fait sans doute à la physiologie moderne une concession importante. Il accorde qu'une fois l'ordre donné par la volonté au cerveau, une fois la série des déclenchements physico-chimiques commencée, tout s'enchaîne fatalement, inéluctablement.

C'est ici, ou je me trompe fort, que la fragilité de son raisonnement apparaît, manifeste. La chimie physiologique est née d'hier. C'est à peine si nous commençons à saisir les réactions les plus grossières qui s'accomplissent dans l'estomac, dans l'intestin, dans la vessie, dans le sang. Nous ne faisons qu'entrevoir les décompositions chimiques d'un muscle ou d'un

nerf. Mais, du moins, un point est acquis, et il est fondamental. Tout acte vital est lié à une certaine dépense, à de certains dédoublements, à de certains écroulements de matière organique. Il en est ainsi pour chacune des manifestations, pour chacun des organes que l'on a pu soumettre déjà à une étude chimique quelque peu approfondie. « Toute exertion d'énergie mécanique ou autre par un organisme, comme le dit SPENCER, implique la transformation de la quantité de matière organique qui contenait cette énergie à l'état latent. »

M. PICTET fait donc une supposition arbitraire, contraire à toutes les analogies, en admettant que les actes purement intellectuels échappent à la règle — que l'on peut peser des raisons, les comparer, choisir entre elles, sans dépense organique, sans aucun changement matériel concomitant dans nos cellules nerveuses.

S'il veut que nous acceptions cette création *ex nihilo* de travail cérébral, il faut évidemment qu'il nous en donne des preuves décisives. Mais si cette démonstration n'est pas fournie, que devient tout l'échafaudage de ses déductions? Comment nous faire croire à cet hiatus dans l'enchaînement des phénomènes matériels?

Quelque minime que puisse être l'effort qui met en mouvement tel ou tel de nos déclenchements cérébraux, il faut une certaine force pour cette mise en train, il faut une étincelle pour cette explosion, et je ne vois pas comment concevoir que l'énergie de l'étincelle soit plus gratuite que celle de l'explosif.

Au fond, le spiritualisme tel que l'entend M. PICTET n'est pas exigeant. Il se contente de réserver au libre

arbitre le domaine des actes nerveux dont la chimie physiologique n'a pas encore analysé les réactions. Nul, sans doute, ne conteste que beaucoup de chapitres de la physiologie nerveuse sont encore dans l'enfance, qu'il est prématuré de les traiter par les méthodes de la physique mathématique.

Ainsi, malgré le mérite du savant, malgré le charme de l'orateur, il nous faut avouer en toute humilité que nous n'apercevons point la démonstration espérée. Le problème du libre arbitre reste ouvert : article de foi pour les uns, illusion pour d'autres. Et la science continuera sa marche, patiente et imperturbable, sans se laisser troubler par les feux follets lointains de la métaphysique, mais sans interdire non plus à ses adeptes de jeter de temps en temps un regard et un sourire vers ces vacillantes lueurs.

LA DÉFAITE

DU MATÉRIALISME SCIENTIFIQUE (1)

A défaut de l'appréciation d'un physicien ou d'un chimiste, qui eût certes été préférable, nos lecteurs voudront bien se contenter de voir ce discours retentissant résumé par un simple biologiste.

Le nom d'OSTWALD est familier à tous ceux qui ont suivi, même de loin, la remarquable extension prise depuis quelques années par les études limitrophes entre la physique et la chimie, et son discours de Lubeck offre pour tout naturaliste un intérêt poignant.

L'auteur annonce, en effet, qu'il va s'attaquer à quelques-unes des notions scientifiques les plus généralement acceptées et, comme on a tôt fait de s'apercevoir — si on ne le savait d'avance — qu'il vise juste et qu'il frappe fort, on suit avec une émotion constante sa marche iconoclaste. Quelles idoles va-t-il abattre? Et que va-t-il épargner? Déjà le sol est jonché de plusieurs idées, qui semblaient inébranlables. Lesquelles échapperont?

(1) Ce compte rendu a paru dans la *Revue de l'Université de Bruxelles*, mai 1896. Il est le résumé d'un discours prononcé au Congrès des naturalistes et médecins allemands à Lubeck, le 20 septembre 1895, par W. OSTWALD, ayant pour sujet : *Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus*.

Heureusement, le carnage n'est pas tout à fait aussi meurtrier qu'on eût pu le craindre d'après la déclaration de guerre du début.

*
* *

Dans toutes les branches scientifiques, on s'efforce de plus en plus de réduire le monde des phénomènes à une mécanique d'atomes : la matière et le mouvement apparaissent comme les notions dernières auxquelles aboutit toute chose. C'est cette conception de la nature qu'Ostwald appelle le matérialisme scientifique, et il se propose de démontrer qu'elle est insoutenable.

La science, en son étude des phénomènes, s'élève peu à peu du simple catalogue au système, et de là à la loi naturelle, dont la forme la plus compréhensive se concentre dans la notion générale. Toute loi naturelle se ramène à la détermination d'un « invariant », c'est-à-dire d'une grandeur qui demeure invariable, alors que tous les autres facteurs changent dans les limites que la loi détermine. Ces invariants sont, comme le dit Ostwald, les jalons successifs de la route qu'a parcourue l'entendement humain. L'invariant, appelé masse, fournit les constantes astronomiques et reste immuable dans toutes les modifications physiques et chimiques. Mais on n'a pas voulu s'en tenir là. En associant à la notion mécanique de la masse d'autres propriétés qui lui sont proportionnelles, on a constitué l'abstraction nommée matière. On a passé ainsi de la loi physique de la conservation de la masse, à l'axiome métaphysique de la conservation de la matière. Lorsque nous disons,

par exemple, que le chlore et le sodium continuent à exister dans le sel de cuisine, où, cependant, pas une de leurs propriétés, hormis la masse, ne s'est conservée, nous faisons, d'après OSTWALD, la plus étrange des hypothèses. Car nous ne connaissons un corps que par ses propriétés, et si toutes ses propriétés ont disparu, n'est-il pas absurde d'admettre qu'il est encore là malgré tout ?

Un autre invariant est la gravitation, telle que GALILÉE la conçut. Grâce à la gravitation, NEWTON et LAPLACE ont pu représenter mécaniquement tous les mouvements des astres. Une explication mécanique semblable fut bientôt postulée pour tous les phénomènes physiques. C'est ce que LAPLACE exprimait si énergiquement par cette idée, qu'une équation complète du monde contiendrait à la fois tous les événements passés et futurs.

Mais, dans aucun cas, en dehors des actions mécaniques proprement dites, ni pour le calorique, ni pour la radiation, ni pour l'électricité, ni pour le magnétisme, ni pour les actions chimiques, on n'a réussi à représenter complètement les phénomènes par un système mécanique. Pour la lumière, par exemple, la théorie de l'émission a été remplacée d'abord par la théorie des ondulations. Voulant donner à cette dernière une base mécanique, on imagina l'éther « auquel on imposait la mission de vibrer ». Mais lord KELVIN (sir WILLIAM THOMSON) a montré par le calcul qu'un milieu doué des propriétés qu'on est obligé de supposer à l'éther, n'est pas stable et ne saurait donc avoir d'existence réelle. Et l'illustre HERTZ n'a épargné un échec semblable à la théorie électromagnétique de la lumière qu'en se bornant à y voir un système de six équations différentielles.

Pour les autres agents énumérés tantôt, pas plus que pour la lumière, il n'a été possible d'expliquer l'ensemble des phénomènes par un système de points matériels en mouvement.

La conception mécanique du monde doit donc tomber — et, ajoute l'auteur, le fameux *Ignorabimus* de DU BOIS-REYMOND, fondé sur cette conception, tombe avec elle.

Si toute tentative sérieuse d'interpréter mécaniquement les phénomènes physiques connus s'est montrée vaine, une conclusion pareille s'impose à plus forte raison pour les manifestations incomparablement plus complexes du monde organique. « Les mêmes contradictions fondamentales éclatent encore ici, et l'assertion que tous les phénomènes naturels peuvent se ramener en première ligne à des facteurs mécaniques ne saurait pas même être regardée comme une hypothèse utile aux recherches : elle est une pure erreur (page 21). »

En veut-on une preuve décisive? Toutes les équations de la mécanique théorique permettent le changement du signe de la variable temps ; elles sont toutes réversibles. Or, les phénomènes de la nature, et surtout de la nature organique, offrent une différence indélébile entre le tôt et le tard, le jeune et le vieux : l'arbre ne peut se retransformer en graine, le papillon en chenille. Cette non-réversibilité des événements naturels prouve qu'ils échappent aux équations mécaniques : « le matérialisme scientifique est donc condamné. »

Puisqu'il est impossible d'emprisonner le monde physique dans les formules d'une mécanique d'atomes, comment donc nous le représenterons-nous ? OSTWALD

commence par nous répondre, avec le Décalogue : « Tu ne dois point te faire d'image ou de représentation ! » — Ce qu'il nous faut, c'est non une image du monde, mais sa réalité même, perçue aussi directement que possible : il importe de déterminer les relations entre des grandeurs mesurables, sans y substituer une imagerie hypothétique.

Ce chemin est pénible et long, sans doute, mais c'est le seul loisible. Ne croyons point qu'il soit réservé à nos arrière-neveux ; non, il nous est ouvert dès à présent, et le don scientifique le plus précieux que notre siècle finissant puisse faire à celui qui va se lever, c'est le remplacement de la conception mécanique du monde par la conception énergétique.

Une telle notion n'est pas absolument neuve. Il y a cinquante-trois ans que JULES-ROBERT MAYER a découvert la loi de l'équivalence des forces ou, mieux, des diverses formes de l'énergie. Ses trois grands successeurs, HELMHOLTZ, CLAUSIUS et WILLIAM THOMSON, interprétèrent la loi en disant que toutes les formes d'énergie étaient, au fond, de l'énergie mécanique. Grâce à cela, l'idée nouvelle se trouvait rattachée à la conception mécanistique régnante. Mais, peu à peu, on a dû constater l'échec de tous les essais tentés pour expliquer mécaniquement les autres formes d'énergie. On a donc compris qu'il fallait débarrasser la loi de l'équivalence de l'énergie de tout assaisonnement d'hypothèses.

Quels renseignements possédons-nous sur le monde physique? « Évidemment ceux-là seuls que nos organes des sens nous transmettent (page 25). » Et quelle est la condition de leur mise en jeu? « Les organes des sens réagissent sous l'influence des différences d'énergie entre eux et le monde am-

biant (page 26). » Nous ne saurions rien de la chaleur dans un monde qui aurait partout la température de notre corps, de même que nous n'avons aucune sensation de la pression atmosphérique constante sous laquelle nous vivons; nous n'arrivons à la connaître qu'en réalisant en certains points des pressions différentes.

Soit, dira-t-on. Nous acceptons l'existence de l'énergie; mais ne lui faut-il pas un support : la matière? Pourquoi cela, répond notre imperturbable chimiste? « Si tout ce que nous apprenons du monde extérieur, c'est la distribution de son énergie, quel motif avons-nous d'y admettre quelque chose au sujet de quoi nous n'avons jamais rien pu apprendre? » La matière est une abstraction; et le réel, l'effectif, ce qui produit un effet sur nos sens, c'est l'énergie.

La notion de matière comporte : 1° la masse, c'est-à-dire la capacité de recevoir de l'énergie de mouvement; — 2° l'occupation d'un espace, ou énergie de volume; — 3° le poids, ou cette sorte d'énergie de position qui se manifeste par la gravitation universelle; — enfin, 4° les propriétés chimiques ou énergie chimique. Donc, si nous supposons enlevées à la matière les diverses sortes d'énergie, il ne reste RIEN — pas même l'espace qu'elle occupait, car celui-ci ne se manifeste que par la dépense d'énergie nécessaire pour y pénétrer.

Il résulte de ces considérations que tout ce que l'on était habitué à représenter par les concepts « matière » et « force », et bien d'autres phénomènes encore, peut se représenter d'une manière au moins aussi adéquate par la notion d'énergie. On s'attachera donc à classer les diverses sortes d'énergie, sans effacer leurs différences par la supposition d'une identité intime.

La science se trouvera ainsi constituée en dehors de toute hypothèse. Ne nous inquiétons plus de forces, que nous ne pouvons démontrer, ni d'atomes, que nous ne pouvons observer, mais cherchons seulement à établir, dans tout phénomène, le bilan de sortie et d'entrée des diverses énergies. « Celles-là, nous pouvons les mesurer, et tout ce qu'il est nécessaire de savoir peut s'exprimer sous cette forme. » Tel est l'objet de la science de l'énergie ou énergétique.

L'énergétique suffira-t-elle à rendre compte de toute la nature? Non. Elle deviendra probablement plus tard un cas particulier de relations encore plus générales que nous pouvons du reste à peine pressentir jusqu'ici.

*
* *

La grande portée du discours d'Ostwald, les problèmes fondamentaux auxquels il touche, les discussions passionnées qu'il a déjà soulevées en France autant qu'en Allemagne nous ont engagé à l'analyser d'une façon aussi fidèle, aussi complète que possible, et en nous servant le plus souvent des termes mêmes de l'auteur.

En résumé, la conception ordinaire, « matérialiste », consiste à ramener le monde à de la matière en mouvement, c'est-à-dire à de la matière et à de l'énergie. Ostwald répond : La seule chose réelle, c'est l'énergie; la matière n'est qu'une abstraction. A des points matériels, il substitue donc des centres de force ou, mieux, des centres d'énergie.

La valeur des raisonnements d'Ostwald n'est pas amoindrie, si nous rappelons que des idées analogues ont déjà, plus d'une fois, surgi dans la science.

Au siècle dernier, Boscovich — pour ne citer que lui — niait aussi la matière et n'admettait que des points-forces. Mais cette omission de la matière et cette adoption de l'énergie seule résolvent-elles les difficultés? Sommes-nous vraiment délivrés par là de cette oppression de l'inconnaissable, que du Bois-Reymond traduisait par son cri célèbre : *Ignorabimus?* Voilà, semble-t-il, le point capital, et l'on peut se demander si Ostwald s'y est suffisamment arrêté.

Une remarque encore. Nous sommes si habitués à voir opposer le matérialisme au spiritualisme que le titre du discours d'Ostwald pourrait faire croire qu'il se range du côté des spiritualistes. C'est tout le contraire. Car, en rejetant la notion de matière et en n'acceptant que l'énergie, il se montre plus « moniste » que les matérialistes eux-mêmes.

EXISTE-T-IL UNE FORCE VITALE? (1)

LEÇON I

Introduction

1. L'observation la plus superficielle nous fait constater entre les corps organisés et les corps bruts une antithèse complète et qui semble irréductible. Entre un corps organisé vivant et le même corps ayant cessé de vivre, la différence est moins profonde, mais le contraste est peut-être plus frappant, parce que nous pouvons voir le passage du premier de ces états au second s'accomplir sous nos yeux.

2. Deux problèmes surtout se présentent ici à l'esprit :

Qu'est-ce que la matière des êtres vivants et d'où vient-elle?

Qu'est-ce que l'activité des êtres vivants, quelles sont les forces qui se manifestent en eux pendant la vie ou, pour employer le terme scientifique, qu'est-ce que leur énergie, et d'où vient-elle?

(1) Sixième édition, parue en 1902, du Syllabus d'un cours fait pour la première fois à Bruxelles en 1897 sous les auspices de l'Extension de l'Université libre de Bruxelles. Ces leçons furent également données à Anvers, Namur, Wavre, Braine-l'Alleud, Gembloux, Arlon, Bruges, Saint-Gilles et Dison.

Examinons les réponses que ces questions ont reçues dans le passé et la façon dont la science moderne nous amène à les envisager.

I. — Idées des hommes primitifs sur la vie

3. Les paroles et la conduite des sauvages actuels, jointes à l'étude critique des restes préhistoriques et des monuments historiques les plus anciens, nous permettent de nous représenter, au moins d'une manière générale, les idées des hommes primitifs. Mais il est évidemment nécessaire de nous « dévêtir » d'abord de toutes nos conceptions d'hommes civilisés.

4. Le sauvage le plus inférieur ne possède ni idées générales, ni curiosité intellectuelle (exemple : les Nègres interrogés par Park au sujet du Soleil) : sa défense et sa nourriture sont ses deux préoccupations presque exclusives.

5. A ce point de vue, il lui importe beaucoup de distinguer ce qui vit d'avec ce qui ne vit pas. Son premier critérium, c'est le mouvement spontané (c'est-à-dire dont la cause immédiate lui échappe) : des vaisseaux, une montre, une boussole seront donc regardés comme vivants.

6. La vie sédentaire substituée à l'existence nomade accroît la sécurité et donne plus de loisir pour la réflexion. Les premières curiosités du sauvage portent, d'après Tylor, sur deux groupes de faits : d'une part, la différence entre un corps vivant et un corps décédé,

et les phénomènes de veille, de sommeil, d'extase, de maladie et de mort; — de l'autre, les formes humaines qui apparaissent dans les rêves et dans les visions.

7. Certains sauvages n'ont là-dessus aucune idée arrêtée (exemple : le chef des Latoukis interrogé par BAKER), mais la plupart expliquent l'un de ces groupes par l'autre. L'ombre, le reflet dans l'eau, l'écho font naître naturellement l'idée d'un ou de plusieurs duplicata accompagnant chaque homme (TYLOR, SPENCER).

Voici donc la notion du double, ou de l'âme, telle qu'elle se retrouve chez un grand nombre de sauvages : c'est une image subtile du corps, un fantôme mince et vaporeux, cause de la vie et de la pensée individuelles, pouvant quitter son homme et y rentrer, l'abandonnant au moment de la mort, capable d'aller se loger dans d'autres corps et d'y produire des troubles divers, d'ordinaire invisible, mais se montrant parfois, surtout aux personnes endormies.

8. L'âme est tantôt rattachée à l'ombre ou au reflet de la personne, tantôt au cœur qui cesse bientôt de battre après la mort, tantôt à l'haleine qui s'exhale dans l'agonie. Cette dernière notion est très répandue : *pneuma* en grec, *anima* et *spiritus* en latin, qui désignent l'âme, signifient d'abord « souffle », et, dans la Genèse, Dieu donne à l'homme un souffle de vie.

Fréquemment, on attribue à chaque personne plusieurs âmes distinctes, ayant chacune sa fonction. Les Égyptiens en comptent au moins cinq (MASPÉRO), dont

l'une, le ka ou double, est une répétition aériforme du corps.

9. Par des inductions presque inévitables, les sauvages en arrivent à accorder aussi des âmes aux animaux, aux plantes, aux objets. Toutes ces âmes, les humaines et les autres, pouvant quitter les corps et leur survivre au moins pendant quelque temps, le monde est peuplé d'esprits, dont l'action volontaire, bienfaisante ou malfaisante, explique tous les événements quelque peu inattendus. Le désir de combattre leurs maléfices ou de se concilier leurs faveurs devient l'origine des premières pratiques religieuses.

10. Coordonnée, hiérarchisée et poétisée, cette doctrine primitive des esprits se retrouve dans la mythologie, laquelle voit partout des volontés personnelles, ondoyantes et fantasques. C'est le règne du caprice.

II. — Idées des penseurs de l'Antiquité sur la vie

11. — « En face de cette fantasmagorie, la pensée qui s'éveille réclame de l'unité et de l'ordre. » (Lange.)

Les premiers philosophes grecs (École ionienne : Thalès de Milet, VIIe siècle avant J.-C.) réagissent contre le chaos de la mythologie. Démocrite d'Abdère (Ve siècle avant J.-C.) cherche à expliquer le monde mécaniquement, au moyen d'atomes éternels, éternellement en mouvement, indestructibles; « tout change-

ment n'est qu'agrégation ou désagrégation des parties». Cependant il admet une âme différente du corps et formée d'atomes plus subtils; leur mouvement produit les phénomènes de la vie.

12. Une réaction contre ces tendances ne tarda pas à se produire et les vieilles idées d' « esprits » personnels reprirent le dessus, avec SOCRATE d'Athènes (contemporain de DÉMOCRITE), son disciple PLATON et le disciple de celui-ci : ARISTOTE de Stagire (384-322 avant J.-C.).

L'importance d'ARISTOTE dans l'histoire intellectuelle de l'humanité est immense et unique.

D'après ARISTOTE, le monde est éternel. « Parmi les corps naturels, les uns ont la vie, les autres ne l'ont pas; et nous entendons par la vie ces trois faits : se nourrir par soi-même, se développer et périr... L'âme est l'entéléchie du corps (c'est-à-dire la puissance qui le réalise et le façonne. » (*Traité de l'Ame,* II, 1.) Il y a une véritable gradation des êtres. Il y a aussi des âmes de divers degrés : l'âme de la plante n'est que végétative, celle de l'animal est en outre sensitive, celle de l'homme est en même temps douée de raison (*noûs*).

13. Les idées et les tendances atomistes de DÉMOCRITE reparaissent avec ÉPICURE (341-270 avant J.-C.). Il recommande de suivre toujours la voie de l'observation; il s'en écarte cependant en considérant l'âme comme une matière subtile répandue dans tout l'organisme. — La philosophie d'ÉPICURE se trouve admirablement exposée et développée dans le poème latin de LUCRÈCE (97-55 avant J.-C.) : *De la nature des choses.*

14. Ainsi, dès les débuts de la philosophie, nous voyons deux théories de la vie prédominer tour à tour : l'une, la théorie mécaniste ou matérialiste, n'admet dans les êtres vivants que les forces générales de la matière; l'autre, la théorie vitaliste ou spiritualiste, admet chez eux une ou plusieurs forces qui leur seraient particulières.

OUVRAGES A CONSULTER

OUVRAGES GÉNÉRAUX

CLAUDE BERNARD. — *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux,* 2 volumes. Paris, Baillière et fils, 1879-1885. — IDEM. *La science expérimentale*, 3e édition [4e édition, 1906]. Paris, Baillière et fils, 1890 (Bibliothèque scientifique contemporaine).

TH. HUXLEY. — *Les sciences naturelles et les problèmes qu'elles font surgir* (traduction française). Paris, Baillière et fils, 1891. — IDEM. *Science et religion* (traduction française). Paris, Baillière et fils, 1893 (Bibliothèque scientifique contemporaine).

HERBERT SPENCER. — *Les premiers principes* (traduction française), 9e édition. Paris, Alcan (Bibliothèque de philosophie contemporaine). — IDEM. *Principes de biologie* (traduction française), 2 volumes nouvelle édition. Paris, Alcan, 1894.

H. LOTZE. — Article : « *Lebenskraft* » (dans RUD. WAGNER, *Handwörterbuch der Physiologie,* tome I, 1842).

IDÉES DES HOMMES PRIMITIFS SUR LA VIE

E. B. TYLOR. — *La civilisation primitive* (traduction française), 2 volumes. Paris, Reinwald, 1876-1878. — IDEM. *Animism : A treatise on the natural history of religion.* Londres, Murray, 1902.

HERBERT SPENCER. — *Principes de sociologie* (traduction française), 5 volumes. Paris, Alcan [1898-1904].

MASPÉRO. — *Lectures historiques* (Égypte, Assyrie), 3e édition [4e édition, 1905]. Paris, Hachette.

D. G. BRINTON. — *Religions of primitive peoples*, 1 volume. New-York, Putnam's sons, 1897.

IDÉES DES PENSEURS DE L'ANTIQUITÉ SUR LA VIE

F. UEBERWEG. — *Grundriss der Geschichte der Philosophie*, 4 volumes, édition Heinze. Berlin, Mittler, 1898 [volume I, 10e édition, 1909; volume II, 9e édition, 1905; volume III, 10e édition, 1907; volume IV, 10e édition, 1906].

LANGE. — *Histoire du matérialisme* (traduction française), 2 volumes. Paris, Reinwald, 1877.

J.-V. CARUS. — *Histoire de la zoologie* (traduction française). Paris, 1879.

G. H. LEWES. — *History of philosophy*, 2 volumes, 5e édition. Londres, 1880. — Traduction allemande, 2e édition. Berlin, 1873.

ARISTOTE. — *Œuvres*. Traduction générale par Barthélemy-Saint-Hilaire. Paris, Germer-Baillière. — Voir notamment le *Traité de l'Ame*, l'*Histoire des Animaux*, la *Géneration des Animaux*, le *Traité des Parties des Animaux* et la Préface de la *Table alphabétique des Matières*.

L. FREDERICQ. — *Notes sur la Biologie d'Aristote* (*Revue universitaire*, Bruxelles, 15 février 1894).

LUCRÈCE. — *De la nature des choses*. Traduction par Patin, Paris.

LEÇON II

III. — Les Arabes et la Scolastique

15. Au point de vue philosophique comme au point de vue religieux, la fin de l'Antiquité est marquée par un extrême désarroi intellectuel. Le polythéisme mythologique s'effondre de plus en plus, et nous assistons alors à l'expansion du monothéisme juif dans le monde, sous ses deux formes dérivées : le christianisme et le mahométisme.

16. Le christianisme des premiers siècles, ascétique et intolérant, se montra hostile aux recherches scientifiques, qui trouvèrent, au contraire, un refuge chez les Arabes, « devenus la tête pensante et investigatrice de l'humanité » (J.-C. Houzeau).

Ils cultivèrent avec ardeur les mathématiques, l'astronomie, la médecine. Parmi leurs multiples écoles philosophiques, l'étude d'Aristote occupe, dès le milieu du viiie siècle, une place importante. Le plus célèbre des commentateurs arabes du Stagirite est Ibn Roschd ou Averroès (1126-1198).

17. C'est par l'intermédiaire des Arabes et des Juifs que la philosophie de l'Église — la scolastique — se familiarisa avec l'ensemble des œuvres d'Aristote et s'imprégna complètement, à partir du xiiie siècle, de ses doctrines. Mais celles-ci furent exagérées d'une façon pédante. Ainsi, aux trois degrés de l'âme (§ 12), la scolastique substitua trois âmes distinctes, coexis-

tant chez l'homme : l'âme végétative, l'âme sensitive et l'âme rationnelle.

Dans toute la période scolastique, les querelles de mots prédominent, et l'observation directe de la nature n'existe presque pas.

IV. — La Renaissance

18. La Renaissance se manifeste surtout par un triple mouvement : une étude plus complète de l'Antiquité remplace le culte exclusif d'Aristote; la philosophie s'émancipe peu à peu de sa sujétion vis-à-vis de la théologie; les sciences de la nature se développent, grâce à l'observation et à l'expérimentation.

Léonard de Vinci (1452-1519), Louis Vivès (1492-1540), Galilée (1564-1642), Francis Bacon (1561-1626) secouent l'autorité de la scolastique. Copernic (1473-1543), Galilée, Kepler (1571-1630) et Newton (1642-1727) fondent l'astronomie moderne. En même temps que le télescope, le microscope est inventé (vers 1600). André Vésale (né à Bruxelles en 1514, mort à Zante en 1564) crée l'anatomie humaine et la substitue à l'anatomie des singes, qu'avait faite Galien; William Harvey (1578-1658) démontre la circulation du sang.

19. J.-B. Van Helmont (né à Bruxelles en 1577, mort à Vilvorde en 1644) est à la fois médecin, physicien, chimiste et naturaliste; « son génie est sur la frontière du mysticisme et de la science » (Cl. Bernard). Il étudie les gaz (mot créé par lui), définit la flamme, caractérise l'acide carbonique, saisit, bien

avant LAVOISIER, l'importance de la balance, analyse d'une manière remarquable les phénomènes de la digestion, fait une expérience fondamentale de physiologie des plantes. Il se rallie sans hésitation aux découvertes de VÉSALE et de HARVEY. Mais il croit à la transmutation de grains de blé en souris et, renchérissant encore sur les scolastiques, il admet dans les êtres vivants toute une hiérarchie de principes directeurs immatériels :

1° L'âme qui préside au fonctionnement de l'intelligence et siège dans le « duumvirat », c'est-à-dire dans l'estomac et la rate réunis;

2° La vie qui régit les fonctions du corps par l'intermédiaire d'esprits ou archées (terme emprunté à l'alchimiste BASILE VALENTIN, XVe siècle), parmi lesquelles VAN HELMONT distingue une archée centrale placée dans l'épigastre, et des archées locales ou blas qui habitent les divers organes.

Si les blas exécutent les ordres de l'archée centrale, la santé persiste; mais toute désobéissance de leur part amène une maladie. — Il existe aussi un blas particulier qui dirige le mouvement des astres.

20. RENÉ DESCARTES (1596-1650), qui est le créateur de la géométrie analytique et que HUXLEY appelle « le père véritable de la pensée moderne », partage avec PIERRE GASSENDI (1592-1655) le mérite d'avoir renouvelé et remis en honneur l'atomisme de DÉMOCRITE et d'ÉPICURE (§§ 11, 13).

DESCARTES, il est vrai, reconnaît dans l'homme deux substances absolument distinctes : l'âme, qui est indivisible et pensante, et le corps, qui est doué d'étendue et divisible. Mais comme, d'après lui, l'âme ne donne

point l'impulsion au corps et assiste en simple spectatrice à ce qui s'y passe; et que, d'ailleurs, les animaux n'ont pas d'âme, il en résulte que tous les mouvements des êtres vivants se font en vertu des seules lois mécaniques. « Le corps d'un homme vivant diffère autant de celui d'un homme mort que fait une montre, ou autre automate (c'est-à-dire autre machine qui se meut de soi-même), lorsqu'elle est montée et qu'elle a en soi le principe corporel des mouvements pour lesquels elle est instituée avec tout ce qui est requis pour son action, et la même montre, ou autre machine, lorsqu'elle est rompue et que le principe de son mouvement cesse d'agir » (*Traité des Passions,* article 6). La chaleur constamment produite dans notre cœur est la cause de tous les mouvements de nos membres (*Ibidem,* article 8). Les « esprits animaux » ne sont que les parties les plus subtiles du sang (*Ibidem,* article 10) : le cœur les engendre, de là ils montent au cerveau qui leur sert de réservoir et les distribue dans les nerfs et les muscles.

En résumé, comme le dit Biot, nous trouvons ici cette grande idée qui consiste à avoir tenté pour la première fois de ramener tous les phénomènes naturels (ceux de l'âme raisonnable exceptés) à n'être qu'un simple développement de la mécanique.

V. — De 1650 a 1750

21. En cela, Descartes a été suivi par Spinoza (1632-1677) et par Leibniz (1646-1716); et la théorie purement matérialiste de L'Homme-Machine de La Mettrie (1709-1751) n'est que l'extension de l'animal-machine de Descartes.

22. Les idées du médecin G.-E. STAHL (1660-1734), le célèbre propagateur de la doctrine chimique du phlogistique, sont une réaction contre les explications mécanistes de DESCARTES. STAHL place les phénomènes de la vie sous la dépendance directe de l'âme immortelle : elle raisonne, décide et agit sur les organes qui lui servent d'instruments.

23. A côté de la théorie mécaniste ou matérialiste, on voit donc que la théorie spiritualiste s'est dédoublée en quelque sorte en deux branches, suivant que les phénomènes vitaux sont attribués à l'âme elle-même; c'est l'animisme; — ou à une cause particulière, à une force vitale intermédiaire en dignité entre l'âme et le corps : c'est le vitalisme.

OUVRAGES A CONSULTER

DRAPER. — *Les conflits de la Science et de la Religion*. Paris, Alcan [12e édition, 1908] (Bibliothèque scientifique internationale).

A. D. WHITE. — *Histoire de la lutte entre la Science et la Théologie* (traduction française), 1 volume. Paris, Guillaumin, 1899.

G. HAHN, S. J. — *M. Errera et les anciens vitalistes* (*Revue des Questions scientifiques*, janvier 1898). Voir aussi les numéros de la même Revue, avril et juillet 1898, ainsi que la réponse : L. ERRERA, *A propos de l'Église et de la Science* (Voyez ce travail plus loin, page 283).

AL. DE HUMBOLDT. — *Cosmos*, 4 volumes. Paris, Guérin

W. ROMMELAERE. — *Études sur J.-B. Van Helmont* (*Mémoire couronné par l'Académie royale de médecine de Belgique*). Bruxelles, 1868.

DESCARTES. — *Œuvres choisies*, nouvelle édition [1907]. Paris, Garnier.

LEÇON III

VI. — La matière des êtres vivants et son origine

24. C'est seulement à partir de la fin du XVIIIe siècle que les deux problèmes relatifs à la matière et à l'énergie des organismes (§ 2) commencent, grâce aux progrès des sciences expérimentales, à prendre une signification précise.

25. Frappé de la différence entre la « matière brute » et la « matière vive », comme il dit, Buffon (1707-1788) suppose qu'une substance particulière — les molécules organiques — constitue les êtres vivants, animaux et plantes.

26. Mais les travaux mémorables de Lavoisier (né en 1743, guillotiné en 1794), qui créèrent la chimie moderne et qui mirent nettement en évidence l'indestructibilité de la matière, ne tardèrent pas à prouver que les animaux et les végétaux sont formés des mêmes corps simples que le monde inorganique, et même des plus communs parmi ces corps (carbone, hydrogène, oxygène, azote, etc.).

Lavoisier et Laplace découvrirent aussi la véritable nature de la respiration et de la chaleur animale : « La respiration, concluent-ils en 1780, est une combustion, à la vérité fort lente, mais d'ailleurs parfaitement semblable à celle du charbon;... la chaleur développée dans cette combustion se communique au sang qui traverse les poumons et de là se répand dans tout le système animal » (Lavoisier, *Œuvres*, II, page 331).

27. L'idée qu'il y aurait dans les êtres vivants des particules douées de mouvements spéciaux (FECHNER, 1873), ou que leur carbone serait dans un état chimique particulier (DELBŒUF, SPRING, 1883) reparaît encore de temps en temps. Toutefois, les progrès de la synthèse organique (§ 29) la font généralement abandonner.

28. S'il n'existe aucun corps simple appartenant en propre aux êtres vivants, du moins les composés ou principes immédiats que l'on peut extraire de leurs tissus (éthers, graisses, sucres, matières albuminoïdes, alcaloïdes, etc., etc.) ne se retrouvent-ils pas dans la nature inanimée. Aussi a-t-on cru pendant fort longtemps que ces principes se forment seulement sous l'influence de la vie et qu'il y a deux chimies tout à fait distinctes : la chimie inorganique et la chimie organique. Celle-là ne comprenait que des combinaisons binaires (oxydes, acides, sels, ammoniaque, etc.), celle-ci des combinaisons plus complexes : ternaires, quaternaires, etc., que le chimiste n'arrivait pas à reproduire. « Le chimiste, disait encore GERHARDT en 1842, fait tout l'opposé de la nature vivante : il brûle, détruit, opère par analyse; la force vitale seule opère par synthèse : elle reconstruit l'édifice abattu par les forces chimiques. »

29. Dès 1828, cependant, WOEHLER avait réussi à préparer artificiellement de l'urée, identique à celle que produisent les animaux. Mais on objectait que l'urée « est plutôt une excrétion qu'un principe constituant du corps animal » (JEAN MÜLLER, 1845).

A cette synthèse en succédèrent d'autres : acide acétique (KOLBE, 1845), hydrocarbures, alcools,

acétylène, benzine, phénol, etc. (BERTHELOT, à partir de 1855), acide tartrique (PERKIN et DUPPA, 1860), alizarine (GRAEBE et LIEBERMANN, 1868), indigotine (BAEYER, 1881), sucres (BOUTLEROFF, TOLLENS, 1882; LOEW, 1886; E. FISCHER et TAFEL, 1887), acide urique (HORBACZEWSKI, 1882; BEHREND et ROOSEN, 1889; E. FISCHER et ACH, 1895), coniine (LADENBURG, 1886), caféine (E. FISCHER et ACH, 1896), théobromine (E. FISCHER, 1897), etc.

Il n'est donc plus permis de contester que l'on puisse réaliser, sans le concours de la vie, quelques-unes des combinaisons les plus importantes et les plus caractéristiques des êtres vivants.

30. Seulement, beaucoup de principes immédiats extraits des organismes exercent sur la lumière une action très remarquable (pouvoir rotatoire, soit à droite, soit à gauche); et quand on arrivait à les reproduire dans les laboratoires, toutes les propriétés s'y retrouvaient, sauf le pouvoir rotatoire.

PASTEUR (1822-1895), ayant rattaché le pouvoir rotatoire à la forme dissymétrique des molécules, considéra ce double caractère comme propre aux produits chimiques engendrés par les organismes. Mais il émit lui-même l'idée qu'en faisant agir des forces dissymétriques, on pourrait faire apparaître aussi la dissymétrie dans les produits artificiels.

JUNGFLEISCH est, du reste, parvenu à dédoubler en tartrate droit et en tartrate gauche le tartrate double de sodium et d'ammonium obtenu sans l'intervention d'aucun élément vivant. Et cette structure dissymétrique a été accompagnée, comme dans les tartrates naturels, du pouvoir rotatoire.

31. Même en dehors de la vie, il arrive fréquemment que les produits artificiels ne présentent pas toutes les propriétés des composés naturels correspondants. La synthèse minéralogique n'est souvent pas moins difficile que la synthèse organique et, dans un cas comme dans l'autre, on se figurait jadis « que la nature mettait en œuvre des moyens mystérieux » (Fouqué et Lévy).

Un exemple frappant nous est offert par les aimants naturels (oxyde magnétique de fer, platine ferrifère magnéti-polaire) dont les pôles sont un indice certain de dissymétrie. Le magnétisme, dont très peu de substances sont douées, a été longtemps regardé « comme un des mystères les plus impénétrables de la nature, et l'on croyait la force dont il est la manifestation, sans analogie avec les autres forces connues... Les Anciens croyaient à la présence d'un esprit dans l'ambre frotté et l'aimant » (Secchi).

Il a cependant été possible de reproduire artificiellement de l'oxyde de fer magnétique (Sidot, 1868) et du platine magnéti-polaire (Daubrée, 1875).

32. Dans le cas du magnétisme et du pouvoir rotatoire (et l'on pourrait citer beaucoup d'autres exemples), nous voyons que les propriétés sont nettement liées à la composition chimique et à l'arrangement des particules. Il faut bien reconnaître qu'il n'y a pas de raison pour ne pas appliquer aux propriétés beaucoup plus complexes des êtres vivants une conclusion pareille.

33. Si maintenant nous nous demandons d'où vient la matière des êtres vivants, nous trouvons qu'ils ne peuvent l'emprunter qu'à leur nourriture : les carnassiers mangent les herbivores, les herbivores mangent

les herbes. Quant aux herbes, elles prennent leurs aliments au règne minéral; elles puisent à deux sources : au sol par leurs racines, à l'atmosphère par leurs feuilles. Et comme les animaux et les végétaux se consument constamment en partie, par l'effet de la respiration (§ 26), et que leurs déchets et leurs cadavres finissent aussi par se décomposer, la matière qui a été vivante retombe peu à peu, d'écroulement en écroulement, à l'état inorganique, — et de nouvelles plantes pourront l'assimiler de nouveau.

34. Une grande circulation existe donc entre les trois règnes : un même fleuve de matière coule sans cesse du monde inorganique aux plantes, de là aux animaux, pour retourner au monde inorganique et recommencer sa course.

OUVRAGES A CONSULTER

ROSENTHAL. — *Antoine Laurent Lavoisier und seine Bedeutung*, etc. (*Biologisches Centralblatt*, 15 octobre 1890).

BERTHELOT. — *La Synthèse chimique*. Paris, Alcan [10e édition, 1910] (Bibliothèque scientifique internationale).

JEAN MÜLLER — *Manuel de Physiologie* (traduction française), tome I. Paris, 1845.

E. DUCLAUX. — *La Chimie nouvelle* (*Revue de Paris*, 15 mai 1898).

F. R. JAPP. — *Stereochemistry and Vitalism* (« *Nature* » de Londres, 8 septembre 1898). — Une discussion des idées vitalistes de l'auteur s'est produite dans la « *Nature* », numéro du 22 septembre 1898 et suivants.

DELBŒUF. — *La matière brute et la matière vivante*. Paris, Alcan, 1887.

FOUQUÉ et LÉVY. — *Synthèse des minéraux et des roches*. Paris, Masson, 1882.

LEÇON IV

VII. — L'Énergie des êtres vivants et son origine

35. De même que la chimie avait conduit au grand principe de l'indestructibilité de la matière, la physique va nous fournir le principe non moins fondamental de l'indestructibilité de l'énergie.

36. Un corps en mouvement, un poids soulevé, un objet chauffé ou électrisé peuvent produire une série d'effets ou, comme on dit, exécuter du travail, que n'exécuteraient point le corps immobile, le poids reposant sur le sol, l'objet dont la température ou l'état électrique ne différeraient point de ceux du milieu ambiant. En désignant par énergie la capacité de produire du travail, nous dirons donc que, dans le premier cas, ces objets contiennent plus d'énergie que dans le second.

37. Il y a diverses sortes d'énergie. Nous les ramènerons, avec Ostwald, à cinq groupes :

1° L'énergie mécanique, qui comprend l'énergie de mouvement, appelée encore énergie cinétique (exemple : une flèche lancée par un arc), et l'énergie de position (exemple : une pierre soulevée, un gaz pressant contre les parois du vase qui le renferme) ;

2° L'énergie thermique ou chaleur (exemple : un corps chaud) ;

3° L'énergie électrique et magnétique (exemple : un conducteur chargé d'électricité, une pile, un aimant) ;

4° L'énergie chimique et interne (exemple : un mélange d'hydrogène et d'oxygène);

5° L'énergie rayonnante (exemple : la lumière).

38. Les diverses sortes d'énergie ne diffèrent point entre elles d'une manière absolue, comme les divers corps simples : elles peuvent, au contraire, être transformées les unes en les autres. Ainsi, dans un train brusquement arrêté, il y a transformation d'énergie cinétique en chaleur; dans la plupart des combinaisons chimiques, il y a production de chaleur et d'électricité aux dépens de l'énergie chimique; un gaz qui dépense de l'énergie mécanique en chassant un obstacle se refroidit, c'est-à-dire qu'il perd de l'énergie thermique, etc.

39. Toutes les transformations d'énergie s'accomplissent de telle sorte que, pour une quantité déterminée d'énergie d'une espèce qui disparaît, on constate l'apparition d'une quantité correspondante d'une ou de plusieurs autres espèces d'énergie. Et, lorsqu'il est possible d'opérer ensuite la transformation inverse, on trouve que les énergies nouvelles suffisent précisément à reproduire l'énergie primitive, — comme un pendule sans frottement emmagasine pendant sa descente juste assez d'énergie cinétique pour remonter au même niveau et retrouver ainsi la même énergie de position qu'il avait au début.

Il y a donc une véritable équivalence entre les énergies qui disparaissent et celles qui apparaissent à un moment donné : quelles que soient les variations d'énergie, le total reste invariable.

40. Tel est le principe de l'indestructibilité ou de la « conservation de l'énergie », dont l'importance est

capitale. Entrevu par DESCARTES dès 1644, énoncé en partie par SADI CARNOT en 1824, il a été nettement indiqué et démontré par JULES-ROBERT MAYER (1842), puis par COLDING (1843), JOULE (1843) et surtout par HELMHOLTZ (1847). CLAUSIUS l'a formulé en ces termes : L'énergie du monde est constante.

41. L'activité des êtres vivants est-elle soumise à la loi de la conservation de l'énergie? Doit-on les remonter comme une horloge, leur fournir du combustible comme à une machine à vapeur?

42. Assurément, oui. Pas plus chez eux qu'en dehors d'eux, le travail n'est gratuit. Les aliments ne leur servent pas seulement à construire leurs organes; ce sont encore des combustibles, et leur respiration est une combustion (§ 26). D'autres changements physiques et chimiques dont ils sont le siège leur procurent aussi de l'énergie disponible, et, d'une façon générale, « toute manifestation d'énergie mécanique ou autre par un organisme implique la transformation de la quantité de matière organique qui contenait cette énergie à l'état latent » (SPENCER).

La quantité de chaleur produite chez les animaux au repos concorde d'une manière satisfaisante avec l'énergie chimique des aliments consumés (ROSENTHAL, 1891); et HIRN (1858), DANILEWSKY, ATWATER (1899) ont pu constater que, dans le travail musculaire, il y a, conformément au principe général, disparition d'une quantité correspondante de chaleur.

43. On voit souvent, chez les organismes, une cause extérieure minime provoquer le dégagement d'une grande quantité d'énergie. Y a-t-il là une disproportion

mystérieuse entre la cause et l'effet, une création d'énergie par l'être vivant?

Cela tient simplement à ce que les organismes ont de l'énergie en réserve, qu'une excitation légère peut mettre en liberté, — tout comme une faible étincelle amène l'explosion d'un baril de dynamite ou comme le moindre choc fait tomber un objet placé en équilibre très instable.

Les êtres vivants présentent les caractères des corps instables et explosibles.

44. Dans certains cas, il est possible, comme pour une machine, d'arrêter tous les rouages d'un organisme et de les remettre ensuite en marche : la vie peut non seulement être ralentie, mais complètement interrompue, puis reprise. Les Rotifères, les Anguillules, diverses graines revivent après une dessiccation absolue et prolongée; plusieurs végétaux, des Grenouilles, des Méduses, des Escargots peuvent être ranimés après avoir été transformés en blocs de glace (Sachs, Pflüger, Preyer, Romanes) ou même avoir subi des températures tellement basses (parfois — 120°) qu'aucun phénomène chimique n'y soit plus possible (Pictet). On a été jusqu'à soumettre des graines pendant six heures à l'action de l'hydrogène solide, soit environ à — 258°, sans les tuer (Dewar).

A tous ces points de vue, l'énergie dont disposent les êtres vivants se conduit tout comme celle des corps bruts.

45. Quant à son origine, l'énergie des animaux et des plantes, comme celle de presque toute la nature inorganique, provient du Soleil.

C'est l'énergie solaire qui pompe l'eau des océans et

forme ainsi les rivières; ou qui, échauffant l'air, produit les vents. C'est elle aussi qui, se transformant en énergie chimique dans les cellules des plantes vertes, se retrouve dans leurs matières organiques et se dépense dans tous leurs phénomènes vitaux. Et, comme il a été dit (§ 33), les matières organiques des plantes alimentent ensuite tout le règne animal. Enfin, la houille n'est que le résidu de flores disparues.

46. Grâce au principe de la conservation de l'énergie, nous pouvons suivre l'énergie solaire dans ses multiples incarnations. « La lumière et la chaleur de la flamme, la force de la locomotive, la violence furibonde des chutes du Niagara, la puissance irrésistible du glacier qui avance, la vigueur de nos muscles, le son même de notre voix ne sont rien que de la lumière solaire transformée » (DU BOIS-REYMOND).

47. La comparaison que nous avons faite (§ 34) se justifie donc tout à fait. Il en est du fleuve de la vie comme des fleuves véritables : c'est le Soleil qui en entretient la marche.

OUVRAGES A CONSULTER

HELMHOLTZ. — *Wechselwirkung der Naturkräfte*, 1872.

CLERK MAXWELL. — *Matter and Motion* (Manuals of elementary science), 1876 [New-York, 2e édition, 1892].

BALFOUR STEWART. — *La Conservation de l'énergie*, 6e édition. Paris, 1899 (Bibliothèque scientifique internationale).

SECCHI. — *L'Unité des forces physiques* (traduction française), 2e édition. Paris, Savy.

OSTWALD. — *Die Energie und ihre Wandlungen*. Leipzig, 1888. — IDEM. *Vorlesungen über Naturphilosophie*. Leipzig [1905].

O. LOEW. — *Die chemische Energie der lebenden Zellen*. Munich, 1899 [2e édition, Stuttgart, 1906].

LEÇON V

VIII. — Les principaux arguments invoqués a l'appui de la force vitale

48. Du moment que nous avons retrouvé dans les êtres vivants les mêmes sortes de matière et d'énergie que dans le monde inorganique, c'est à ceux qui y admettent, en outre, l'existence de forces vitales distinctes, qu'il incombe d'en faire la preuve. Cette preuve n'a jamais été fournie : un hiatus dans les échanges incessants de matière et d'énergie n'a jamais été démontré.

Examinons néanmoins les principaux caractères qui ont été attribués en propre aux êtres vivants.

49. Arguments chimiques. — Nous avons déjà expliqué que les organismes ne renferment aucun élément qui leur soit spécial (§ 26); que bon nombre de leurs principes immédiats ont été reproduits en dehors d'eux (§§ 28, 29); que le pouvoir rotatoire peut être réalisé sans leur intervention (§ 30).

Jean Müller affirmait que les matières solides vivantes sont dans un état de ramollissement et d'imbibition par l'eau, propre aux organismes. Mais divers composés inorganiques se conduisent d'une manière semblable (silice gélatineuse, etc.).

50. Arguments dynamiques. — Contrairement à ce que l'on croyait jadis, il n'y a chez les êtres vivants que transformation (§ 42), et non point création d'énergie.

L'irritabilité, c'est-à-dire la propriété de réagir démesurément sous une provocation étrangère, est souvent citée comme un apanage exclusif des tissus vivants. Cependant le même caractère se retrouve dans tous les corps instables et explosibles (§ 43).

La forme fondamentale du mouvement des organismes s'observe chez les Amibes, animaux très inférieurs qui rampent en changeant continuellement leur contour (« mouvement amiboïde »). Ce mouvement peut être assez bien imité au moyen d'une goutte d'huile déposée sur une solution faible de carbonate de soude (Gad). Ici, le mouvement est dû à une force moléculaire désignée sous le nom de tension superficielle; et il est probable qu'il en soit de même pour le mouvement amiboïde.

Vu l'extrême petitesse des cellules, les forces moléculaires doivent, du reste, jouer dans les êtres vivants un rôle très considérable; et elles rendent compte d'un grand nombre de structures qui semblent inexplicables au premier abord : formes des cellules (Errera, Berthold), squelettes des Radiolaires (Dreyer), cellules des Abeilles (Müllenhoff), etc.

51. Arguments morphologiques et physiologiques. — Nous ne pouvons point fabriquer un organisme, ni même la moindre de ses cellules. Mais il en est de même pour les objets naturels du monde inorganique : « Nous pouvons seulement réunir les conditions dans lesquelles ils se forment, sans notre intervention, dans la nature. Nous faisons naître un cristal par l'évaporation de son eau-mère; ainsi nous transformons l'albumine de l'œuf de poule, en muscles, nerfs et autres organes, en plaçant l'œuf dans une couveuse » (Nägeli).

Jamais jusqu'ici on n'a formé une seule parcelle de matière vivante, si ce n'est par filiation, grâce à l'intervention d'un organisme vivant préexistant. De même, durant des siècles, tout feu nouveau a probablement dû être produit au moyen d'une étincelle d'un feu préalable, tout aimant nouveau avec l'aide d'un aimant ancien; et, cependant, aujourd'hui, nous pouvons obtenir du feu ou un aimant sans une telle filiation, par une véritable hétérogénie (= « génération spontanée »). La naissance des cristaux donne lieu à des remarques analogues : dans certaines conditions, ils ne se forment que si le milieu est ensemencé de « germes » cristallins, tandis que dans d'autres ils naissent spontanément, c'est-à-dire sans que des germes soient nécessaires (VIOLETTE, GERNEZ, OSTWALD, TAMMANN).

Nous ne pouvons ressusciter un organisme après l'avoir tué. Mais on ne peut pas davantage faire déflagrer deux fois de suite un même tas de poudre, ni même reconstituer directement un cristal que l'on a pulvérisé.

Beaucoup de plantes et d'animaux peuvent régénérer les organes ou les parties d'organes qu'ils ont perdus, tandis que « les corps inorganiques, dit TIEDEMANN (cité par CLAUDE BERNARD), n'offrent absolument aucun phénomène que l'on puisse considérer comme effet de la régénération ou de la guérison ». — C'est là une erreur : FRANKENHEIM, PASTEUR, tout récemment RAUBER, ont observé chez les cristaux des phénomènes de cicatrisation et de régénération tout à fait comparables à ceux des êtres vivants.

Les fonctions des organismes s'accomplissent le mieux lorsque les conditions environnantes de tempé-

rature, d'humidité, de pression, etc., atteignent des valeurs moyennes. Cette notion de l'optimum ou du juste milieu a été regardée comme spéciale aux organismes. Mais la marche d'une machine à vapeur n'est-elle pas liée aussi à un ensemble de conditions moyennes, optimales?

52. Arguments anthropocentriques. — Ce terme désigne, comme on sait, la conception d'après laquelle l'homme, considéré comme centre du monde, différerait absolument des animaux et constituerait, à lui seul, un règne à part (de Quatrefages). Ceux qui se placent sur ce terrain regardent, avec Descartes, les animaux (et les plantes) comme de simples machines, se contentant de revendiquer pour l'homme une force vitale, en même temps qu'une âme raisonnable, consciente et libre.

Mais une telle théorie n'est plus guère soutenable, depuis que les preuves de l'unité de structure et de la parenté de tous les êtres vivants, l'homme y compris, se sont accumulées, amenant la grande majorité des naturalistes à se rallier au darwinisme.

Cette unité se révèle notamment par la présence, chez tous les êtres vivants, d'une même substance fondamentale, mélange albuminoïde complexe appelé protoplasme, qui est, suivant le mot de Huxley, la « base physique de la vie »; et par l'existence, chez presque tous, d'une même structure cellulaire.

53. Placé dans les mêmes conditions, le protoplasme vivant présente une série de phénomènes que ne présente pas le protoplasme mort. On est donc conduit (§ 32) à admettre entre celui-ci et celui-là des différences matérielles dans l'arrangement des parti-

cules (PFLÜGER, LOEW et BOKORNY), comme entre une montre intacte et une montre brisée.

Mais une montre intacte peut marcher ou être arrêtée : nous savons déjà qu'il en est de même, dans certains cas, du protoplasme (§ 44).

54. ARGUMENTS PHILOSOPHIQUES. — La grande difficulté pour une interprétation mécaniste (§ 14) des êtres vivants, c'est l'adaptation de leurs organes aux fonctions qu'ils remplissent ou, comme on dit encore, leur finalité. Il est vrai que, parfois, la finalité n'est qu'une illusion (exemple : le transport des terres par la circulation de l'eau. BOKORNY). Mais, dans les êtres vivants, elle est incontestable et la seule explication plausible qui ait été proposée jusqu'ici, c'est la sélection naturelle (DARWIN).

Quant à la prétendue loi de la conservation de la vie (PREYER), d'après laquelle la « quantité totale de vie » serait invariable dans l'univers, elle pourrait, si elle était vraie, être invoquée en faveur de la force vitale. Mais elle est sûrement inexacte.

55. En somme, il n'y a pas plus de motifs pour admettre une force vitale particulière dans les êtres vivants qu'une force chronométrale dans une montre ou une force translocatrice dans une locomotive.

Cela ne veut pas dire que nous puissions tout expliquer dans les êtres vivants. Mais nous sommes tout aussi loin de pouvoir expliquer complètement les phénomènes du monde inorganique et, même au sujet de la loi peut-être la mieux connue, la gravitation newtonienne, notre ignorance est immense.

A mesure qu'augmente la sphère de nos connaissances, les points de contact avec l'inconnu se multiplient ; mais notre domaine n'en grandit pas moins.

OUVRAGES A CONSULTER

JUDD. — *La régénération des cristaux* (*Revue scientifique*, 27 juin 1891).

RAUBER. — *Die Regeneration der Krystalle*, I et II. Leipzig, Georgi, 1895-1896.

L. CRISMER. — *La formation des solides* (*Revue de l'Université de Bruxelles*, tome III, 1898) et *La formation et le développement des cristaux* (même *Revue*, tome IV, 1899).

L. ERRERA. — *Sur une condition fondamentale d'équilibre des cellules vivantes* (voyez ce travail plus haut, page 201). — IDEM. *L'Optimum* (voyez ce travail plus loin, page 338). — IDEM. *A propos de génération spontanée* (voyez ce travail plus loin, page 375).

G. BERTHOLD. — *Studien über Protoplasma-Mechanik*. Leipzig, 1886.

PREYER. — *La loi de la conservation de la vie* (*Revue scientifique*, 6 juin 1891).

L. ERRERA. — *Sur la loi de la conservation de la vie* (*Revue philosophique*, octobre 1891) (voyez ce travail plus haut, page 207).

BOKORNY. — *Ist die Annahme eines Lebensprincipes nöthig?* Kaiserslautern, 1883.

LEÇON VI

IX. — Aperçu des idées sur la force vitale a partir du milieu du XVIIIe siècle

56. Sous l'influence des opinions régnantes (§ 22), Alexandre de Humboldt (1769-1858) avait d'abord admis l'existence d'une force vitale mystérieuse. Mais, dès 1797, des études plus approfondies ébranlaient sa croyance et bientôt il y renonçait tout à fait.

57. Cependant, autour de lui, le vitalisme dominait encore. Adoptant la doctrine vitaliste de l'école de Montpellier (Barthez, 1734-1806, Bordeu, 1722-1776), Cuvier (1769-1832) oppose aux forces physico-chimiques qui s'emparent du corps après la mort, une force vitale supérieure qui les tient en échec pendant la vie. Le fondateur de l'anatomie générale, Xavier Bichat (1771-1802) fait jouer un rôle analogue sinon à une force vitale unique, du moins à un ensemble de « propriétés vitales »; celles-ci échappent à toute loi, à toute prévision. Gerdy (1787-1856) s'exprimait dans le même sens.

En Allemagne, Jean Müller (1801-1858), dans les Prolégomènes de son Manuel de Physiologie (1833), se déclarait nettement pour la théorie vitaliste. « La force vitale unique qu'il admet, dit du Bois-Reymond, est distincte des forces physiques et chimiques, mais elle entre en conflit avec elles; elle agit dans les organismes suivant un plan déterminé, comme cause et régulatrice suprême de tous les phénomènes. Elle connaît tous les secrets de la physique et de la chimie. »

Elle vivifie les aliments que l'organisme absorbe, elle augmente par la croissance, se transmet aux germes sans diminuer elle-même, et disparaît dans la mort sans laisser de trace.

Le chimiste JUSTUS LIEBIG (1803-1873) n'était pas moins partisan de la force vitale; et le botaniste ALPH. DE CANDOLLE (1806-1893) comptait, en 1837, quatre forces dans la nature : l'attraction, l'affinité, la force vitale, la force intellectuelle. « Tous les corps de la nature sont soumis aux deux premières forces, les végétaux aux trois premières, les animaux à toutes les quatre réunies. »

58. La réaction contre ces tendances et l'essor nouveau de la physiologie expérimentale commencèrent en France avec MAGENDIE (1783-1855) et s'y continuèrent avec son disciple CLAUDE BERNARD (1813-1878).

SCHWANN, en 1839, SCHLEIDEN, en 1842, MATTEUCCI, en 1846, se prononcent avec énergie contre la force vitale « qu'on charge de tout faire et de tout expliquer, alors que personne ne peut dire où elle loge, comment elle agit, à quelles lois elle est soumise » (SCHLEIDEN).

Par un retour singulier, ce furent des élèves de JEAN MÜLLER : BRÜCKE, DU BOIS-REYMOND, HELMHOLTZ, ainsi que, d'autre part, CARL LUDWIG, qui portèrent à l'hypothèse vitaliste les coups les plus décisifs.

59. Il convient surtout de rappeler ici la brillante Préface des « Untersuchungen über thierische Elektricität » de DU BOIS-REYMOND (1818-1896), parue en 1848, où il poursuit la force vitale dans tous ses retranche-

ments, invoque contre elle le principe de la conservation de l'énergie, et s'écrie : « Quoique la météorologie ne sache pas encore comment un orage se forme et qu'elle ait renoncé généralement à fabriquer le temps et même à le prédire, les dieux n'en sont pas moins proscrits depuis longtemps de son domaine... Quand donc la physiologie prendra-t-elle le courage de briser l'idole d'argile à qui elle continue à offrir des sacrifices? » (*Op. cit.*, page XLIX.)

Les partisans de la force vitale se firent de plus en plus rares; leur cause semblait définitivement perdue.

60. Depuis quelques années des tentatives pour remettre en honneur l'ancien vitalisme (DRESSEL, 1883) ou pour le remplacer par telle ou telle forme d'un néo-vitalisme (ALB. WIGAND, 1876; BUNGE, 1887; RINDFLEISCH, 1888; DRIESCH, 1893; REINKE, 1899) se sont pourtant produites. L'organisme une fois donné, la plupart de ces auteurs admettent que tout s'y passe selon les lois de la matière et de la conservation de l'énergie. Mais c'est la structure même de l'organisme et son développement harmonique qu'ils déclarent inexplicables sans l'intervention d'une force vitale particulière. C'est là, en somme, l'argument de l'adaptation (§ 54) mis sous une forme nouvelle.

Pas plus que leurs prédécesseurs, les néo-vitalistes n'ont fourni la preuve qui leur incombe (§ 48). DRIESCH finit même par affirmer (1896) que sa « force vitale » n'est pas une « force » et REINKE (1901) se défend, du reste, de vouloir ressusciter l'idée d'une force vitale.

61. Toute l'histoire de nos idées sur la vie semble donc faite d'oscillations entre deux théories contraires,

et l'on pourrait croire que tant d'efforts soient demeurés stériles. Mais, en réalité, l'amplitude des oscillations diminue, le terrain commun et indiscuté s'élargit de plus en plus, et l'oscillation perpétuelle s'accompagne d'un perpétuel mouvement en avant.

X. — Synthèse et conclusion

62. Il résulte de l'ensemble de notre étude que l'on n'a point démontré jusqu'ici l'existence, chez les êtres vivants, d'une source d'énergie indépendante des énergies qui se manifestent aussi en dehors d'eux.

Mais si aucune des composantes, prise isolément, n'appartient en propre à l'organisme, la résultante peut néanmoins être appelée vitale, c'est-à-dire liée à sa structure complexe et à son intégrité — tout comme nous pouvons décomposer le fonctionnement d'une machine à fabriquer le papier, par exemple, en mouvements dont aucun ne lui est propre, mais dont la succession et le résultat sont caractéristiques pour elle.

63. Quant à la structure actuelle de l'être vivant, elle nous apparaît comme la conséquence de son développement historique. Cet élément constitué par le temps existe également dans la nature inorganique : l'état actuel du système planétaire, la situation météorologique à chaque moment, et même les propriétés physiques que présente une masse de soufre (Gervez) ou d'étain (Ern. Cohen) ont aussi leur histoire.

64. Après avoir cherché à tout ramener à de la matière et à de l'énergie, nous pouvons faire un pas de plus. Cette distinction même n'est probablement qu'un dernier reste de l'antique croyance à un double (§ 7). Car nous ne connaissons de la matière rien que les énergies qui agissent en elle. De la sorte les deux notions de matière et d'énergie se fondent en une seule (CLAPARÈDE, DU BOIS-REYMOND, OSTWALD, etc.).

65. Comme toutes les transformations de l'énergie s'accomplissent suivant des lois rigoureuses, nous voyons le caprice, qui dans la mythologie envahissait tout (§ 10), avoir ainsi reculé de plus en plus jusqu'à disparaître complètement.

Nos conceptions ont donc suivi en raccourci la marche du monde lui-même, s'élevant, par ses forces immanentes, du désordre à l'ordre, du chaos au cosmos.

OUVRAGES A CONSULTER

AL. DE HUMBOLDT. — *Tableaux de la nature* (traduction française). Paris, Guérin, 1868.

DU BOIS-REYMOND. — *Reden*, 2 volumes. 1886-1887. — IDEM. *Festrede* (*Über Neo-Vitalismus*) (*Sitzungsberichte der Berliner Akademie*, 28 juin 1894).

ROSENTHAL. — *Emile du Bois-Reymond* (*Revue scientifique*, 27 mars 1897).

P. HEGER. — *Du Bois-Reymond* (*Revue de l'Université de Bruxelles*, mai 1897).

L. FREDERICQ. — *L'enseignement de la physiologie à l'Université de Berlin* (*Revue de Belgique*, 15 mai 1881).

E. Claparède. — *Existe-t-il chez les êtres vivants des forces vitales propres?* (*Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève, tome V, 1859).

L. Dressel, S. J. — *Der belebte und der unbelebte Stoff* (Ergänzungsheft zu den « Stimmen aus Maria-Laach », 1883).

H. Driesch. — *Die Biologie als selbständige Grundwissenschaft.* Leipzig, 1893. — Idem. *Die Maschinentheorie des Lebens* (*Biologisches Centralblatt*, 1er mai 1896). — Idem. *Die Lokalisation morphogenetischer Vorgänge. Ein Beweis vitalistischen Geschehens* (*Archiv für Entwickelungsmechanik*, VIII, 1899). — Idem. *Die organischen Regulationen.* Leipzig, Engelmann, 1901.

C. Herbst. — *Formative Reize in der thierischen Ontogenie*, Leipzig, Georgi, 1901.

W. Roux. — *Über die Selbstregulation der Lebewesen* (*Archiv für Entwickelungsmechanik*, XIII, 1902, page 651).

J. Reinke. — *Die Welt als That.* Berlin, Paetel, 1899 [4e édition, 1905]. — Une analyse critique de cet ouvrage a été donnée dans la *Revue de l'Université de Bruxelles*, mars 1899, page 439. — Idem. *Über die in den Organismen wirksamen Kräfte* (*Biologisches Centralblatt*, 1er octobre 1901).

O. Hertwig. — *Zeit- und Streitfragen der Biologie. Mechanik und Biologie.* Iéna, Fischer, 1897.

O. Bütschli. — *Mechanismus und Vitalismus.* Leipzig, Engelmann, 1901.

G. Wolff. — *Mechanismus und Vitalismus.* Leipzig, Thieme, 1902. (C'est une réponse à Bütschli.)

Arm. Gautier. — *Les manifestations de la vie dérivent-elles toutes des forces matérielles?* (*Revue générale des Sciences*, 15 avril 1897).

F. Le Dantec. — *Déterminisme et Vitalisme* (*Revue encyclopédique*, 19 mai 1897).

C. Lloyd Morgan. — *Vitalism* (*The Monist*, janvier 1899).

A. Dastre. — *La Physiologie de la vie et de la mort* (*Revue des Deux Mondes*, 1er mai 1902). — Idem. *La vie de la matière* (*Ibidem*, 15 octobre 1902).

A PROPOS
DE L'ÉGLISE ET DE LA SCIENCE (1)

RÉPONSE A UN VITALISTE

Dans un in-folio magnifique sorti des presses de Plantin et destiné à célébrer le premier siècle d'existence de la Compagnie de Jésus, les bons Pères disent, à propos d'eux-mêmes, qu'ils sont tous conduits par la sagesse divine, laquelle est plus assurée que toute la Philosophie : *Omnes divinâ reguntur sapientiâ, quæ omni Philosophiâ... certior est* (2).

Oserai-je, malgré cela, contredire un jésuite? Arriverai-je à me faire pardonner une audace si grande? Au lecteur d'en décider.

I

Bien qu'il soit toujours désagréable d'avoir à parler de soi, il ne m'est pas possible de commencer autrement, puisque c'est pour répondre à une attaque que je me vois amené à prendre la plume.

(1) Cet article a paru dans la *Revue de l'Université de Bruxelles*, tome III, mai 1898.

(2) Ce passage, que Pascal a mentionné dans la cinquième *Provinciale*, se trouve dans l'*Imago primi sæculi Societatis Jesu*. Anvers, Moretus-Plantin, 1640, page 39.

Donc, j'ai publié, comme il est d'usage, le Sommaire du cours sur la Force vitale (1) que les comités locaux de l'Extension de l'Université de Bruxelles ont bien voulu m'inviter à faire à Anvers, Bruxelles et Namur. Cela m'a valu l'honneur d'être pris à partie par un savant jésuite du Collège Notre-Dame de la Paix (2). Celui-ci ne s'est point contenté d'insérer ses commentaires dans une revue d'allures scientifiques : il en a fait rééditer la portion la plus agressive dans un journal clérical de Namur (3), au moment même où j'allais commencer le cours dans cette ville. Espérant nuire à l'œuvre de l'Extension, un journal clérical d'Arlon, à son tour, a reproduit l'article.

J'ai envoyé quelques lignes de réponse à ces journaux et peut-être pourrais-je m'en tenir là. Ceux qui voudront se donner la peine d'examiner attentivement les pièces du débat seront, en effet, vite édifiés sur la nature et sur la portée de l'attaque. Mais on ne peut exiger semblable étude de tous les lecteurs et, puisque le sujet paraît avoir intéressé un cercle assez étendu de personnes, il ne sera pas inutile d'y revenir avec quelque détail. Nous aurons ainsi l'occasion de montrer une fois de plus l'erreur dangereuse dans laquelle vivent ceux qui croient pouvoir concilier la recherche loyale de la vérité scientifique avec une obéissance absolue envers l'Église.

C'est là la portée morale du présent débat et ce sera aussi, je l'espère, mon excuse de m'être engagé, malgré mes répugnances, dans une polémique.

(1) *Existe-il une force vitale?* Voyez plus haut, page 249.

(2) *M. Errera et les anciens vitalistes,* par le Père G. Hahn, S. J. (*Revue des Questions scientifiques,* 2, XIII, 20 janvier 1898, pages 193 à 218).

(3) *L'Ami de l'Ordre,* numéro du 11 février 1898. — M. Hahn a avoué, dans le numéro du 20 février, être lui-même l'auteur de cette reproduction.

Un naturaliste qui a eu maintes fois à se défendre contre des agressions cléricales, HUXLEY, disait dans une circonstance analogue qu'il en est des polémiques comme d'autres espèces de guerres : elles sont souvent utiles, quelquefois nécessaires, et toujours plus ou moins nuisibles. Mais il s'empressait d'ajouter que la polémique est nécessaire dès que les intérêts de la justice et de la vérité sont en jeu (1).

*
* *

Il n'y a pas à me le dissimuler : si l'on se borne à regarder à travers les lunettes du P. HAHN, le Sommaire sur la Force vitale et son auteur ne se présentent point sous des couleurs trop favorables.

A en croire l'honorable jésuite (page 193), la question que j'ai examinée serait celle-ci : Les philosophes et les savants antérieurs à ce siècle ne se sont-ils pas « grossièrement trompés » en admettant pour l'explication de la vie l'intervention d'un principe étranger à la nature brute? — Sur la même page, il prodigue des conseils d'humilité et s'élève contre une « dépréciation injustifiée » des travaux du passé.

Quiconque a lu le Sommaire incriminé constatera que tout ceci donne une idée très inexacte du ton qui y règne. Au contraire, je me suis toujours efforcé de parler avec un égal respect des diverses opinions scientifiques en présence et, tout en relatant les progrès de la science, je n'ai pas manqué d'insister sur l'immensité de notre ignorance. Mon contradicteur ouvre donc la

(1) HUXLEY, Science et Religion (*Bibliothèque scientifique contemporaine*, 1893, page 1).

discussion en faisant naître un malentendu. On verra qu'il en a malheureusement d'autres encore sur la conscience.

A propos des Arabes et de la scolastique, je suis accusé (pages 195-196) d'avoir mal choisi mes sources, de croire aveuglément les assertions de polémistes d'une impartialité douteuse, de maltraiter les faits, de répéter des imputations fausses et surannées, d'être un arriéré, — de sorte (page 197) que ce que j'aurais eu de mieux à faire « eût été de biffer complètement » ce chapitre.

Si c'est là ce que M. Hahn appelle dans sa lettre à l'*Ami de l'Ordre* une lutte courtoise, on doit avouer qu'il ne se montre pas fort exigeant en fait de courtoisie.

Ailleurs (page 215), on me reproche d'oser encore « attribuer quelque valeur » à une argumentation de du Bois-Reymond, « savant si compromis » — c'est, du moins, le P. Hahn qui nous l'apprend. Il paraît aussi que j'ai été victime d'une distraction en invoquant la sélection naturelle : car — c'est toujours le P. Hahn qui parle — « Darwin est déjà vieux » et la sélection naturelle est « un peu démodée ».

Pour me consoler d'avoir commis tant de bévues que M. Hahn a eu la bonté de signaler, il me reste deux affirmations qui, émanant d'un juge si sévère, ont bien quelque prix : d'abord (page 211), je suis rangé parmi les esprits sérieux, et ensuite (page 218), mon honorable contradicteur veut bien, en finissant, rendre hommage à ma loyauté et déclarer que je me suis engagé, « sans arrière-pensée, dans le sentier étroit et ardu de la vérité ».

Voilà déjà qui n'est pas à dédaigner et l'on n'en peut pas dire autant de tout le monde.

II

La première condition qu'aurait dû remplir mon savant critique était de lire avec soin l'opuscule qu'il prétendait censurer. Cela est surtout indispensable lorsqu'il s'agit d'un de ces sommaires succincts, destinés à servir d'aide-mémoire aux auditeurs et dans lesquels on condense, en un résumé de vingt pages, la matière de six heures de leçons.

*
* *

La question de l'existence d'une « force vitale » toute spéciale, celle de l'origine des espèces vivantes actuelles et celle de l'origine des premiers êtres vivants, c'est-à-dire de l'origine de la vie elle-même, sont trois problèmes distincts : M. Hahn a été — s'il est permis de se servir de son propre langage — victime d'une distraction en les confondant à plaisir. On ne peut s'expliquer autrement la façon dont il se flatte (page 217) d'avoir réfuté ceux qui cherchent à interpréter la structure actuelle et l'adaptation des organismes au moyen de la sélection naturelle. Il leur répond : « La sélection naturelle suppose déjà des êtres vivants; elle ne peut donc pas expliquer le passage de la matière brute à la vie. »

Eh ! qui donc a soutenu le contraire ?

La réponse, on le voit, porte complètement à faux. Et il en est ainsi à mainte reprise. Le révérend publiciste réfute le plus souvent des idées arbitrairement déformées par lui et je pourrais assister en simple

spectateur à un débat qui, pour la plus grande part, ne touche pas à l'œuvre qu'on a l'air d'attaquer.

*
* *

Le point que j'avais à examiner dans ce cours est, je crois, nettement défini dès le début du Sommaire et la conclusion à laquelle j'aboutis est formulée en plusieurs endroits d'une manière assez explicite pour qu'aucun malentendu ne soit possible.

Ayant retrouvé dans les êtres vivants les mêmes matières et les mêmes énergies que dans le monde inorganique, nous sommes en droit d'exiger de ceux qui leur attribuent une force spéciale qu'ils en fassent la preuve. Cette preuve n'a jamais été fournie. Et j'ajoutais (page 280), afin de préciser encore : « Mais si aucune des composantes, prise isolément, n'appartient en propre à l'organisme, la résultante peut néanmoins être appelée vitale, c'est-à-dire liée à sa structure complexe et à son intégrité — tout comme nous pouvons décomposer le fonctionnement d'une machine à fabriquer le papier, par exemple, en mouvements dont aucun ne lui est propre, mais dont la succession et le résultat sont caractéristiques pour elle. »

Invente-t-on ici une force papyrogène mystérieuse? Pourquoi admettre là-bas une force vitale non moins fictive?

Je n'ai soutenu ni plus ni moins et je ne désire point être rendu responsable de ce que je n'ai pas dit. C'est une conclusion modeste, si l'on veut; elle n'est pas neuve, je l'accorde volontiers; mais du moins a-t-elle ce mérite de se tenir dans les limites scientifiques

rigoureuses et, dans ces limites, elle me paraît inattaquable.

*
* *

Qu'objecte à cela l'honorable jésuite?

Il s'étend longuement sur la signification du principe de la conservation de l'énergie. Au point de vue de la mécanique, il y aurait sans doute plus d'une réserve à faire sur ses raisonnements; mais je n'ai point qualité pour parler au nom de la mécanique. L'auteur (page 205) attribue aussi à NEWTON cette idée singulière que le monde serait uniquement constitué par des particules matérielles s'attirant en raison inverse du carré des distances. Or, NEWTON a, au contraire, réservé clairement la question de savoir comment les particules matérielles s'attirent à des distances très petites et comment, devenues contiguës, elles manifestent la cohésion (1).

Mais peu importe.

Au total, tout en acceptant le principe de la conservation de l'énergie, le P. HAHN, comme naguère son confrère le P. DRESSEL (2), en arrive néanmoins à le nier plus ou moins explicitement.

Peu importe encore.

Tous ses développements mènent à ceci (page 205) : « On ne peut rejeter *a priori* l'intervention d'un principe étranger à la matière sous prétexte que son

(1) NEWTON, *Principia*, Liber tertius, scholium generale. Édition de Glasgow, 1833, tome II, page 202.

(2) DRESSEL, S. J., *Der belebte und der unbelebte Stoff nach den neuesten Forschungsergebnissen*, Ergänzungsheft zu den « Stimmen aus Maria-Laach », 1883, page 178.

influence, s'il en avait, augmenterait la somme des énergies. »

Où donc ai-je repoussé quoi que ce soit *a priori*? Et en quoi cette conclusion de M. Hahn renverse-t-elle celle que je rappelais tantôt ?

*
* *

Puis, vient une discussion sur les sens divers qu'on donne au mot force. J'ai le plaisir de me trouver tout à fait d'accord avec mon révérend contradicteur, quand il dit (page 207) qu'on ne peut « imputer aux anciens une erreur parce qu'ils employaient le mot force là où nous ne l'emploierions pas ». Seulement, montrez-moi, s'il vous plaît, où je me suis rendu coupable, à l'égard des anciens, de cet injuste reproche ?

III

L'adaptation des organes aux fonctions qu'ils remplissent est assurément un des plus étonnants spectacles de la nature. Le Sommaire incriminé ayant touché à ce point, M. Hahn y insiste à son tour.

C'est un problème très difficile et l'un de ceux qui se dressent souvent devant l'esprit du naturaliste. Mais il est certain qu'il a cessé de paraître insoluble, depuis que l'on a mieux saisi de quelle façon l'homme parvient à adapter si merveilleusement à ses besoins, par la culture et par l'élevage, les plantes cultivées et les animaux domestiques. Tout le monde sait aujourd'hui que la variation, la sélection artificielle, l'hérédité

sont les trois grands leviers dont l'homme se sert pour arriver à ses fins et pour édifier des races nouvelles. Il est superflu de rappeler comment DARWIN a montré que des facteurs semblables existent aussi chez les êtres à l'état sauvage : ce sera son éternel honneur de l'avoir fait avec une rigueur, une loyauté scientifique, une abondance de preuves qui ont imposé le respect à ses adversaires les plus acharnés et d'avoir enrichi la pensée humaine d'un concept nouveau et fécond : la survivance des mieux adaptés ou sélection naturelle.

Grâce à la sélection naturelle, nous pouvons concevoir que des facteurs aveugles produisent un résultat en apparence intelligent. C'est ce qu'il ne faut jamais perdre de vue.

Il ne faut pas non plus se lasser de répéter que dans des domaines où il n'est pas question de forces vitales, nous voyons bien des exemples d'apparente finalité. Ne croirait-on pas que les inondations périodiques du Nil se produisent afin d'apporter la fertilité à l'Égypte? Je citerai encore le semblant remarquable d'adaptation dans les réactions thermiques sur lequel mon savant collègue, M. le professeur CRISMER, appelait dernièrement l'attention dans le cours si intéressant qu'il a fait sous les auspices de l'Extension de l'Université. Aux basses températures, les réactions qui se produisent sont généralement celles qui dégagent le plus de chaleur et échauffent ainsi le système : c'est le principe du travail maximum de BERTHELOT; mais aux températures élevées, ce sont celles qui absorbent de la chaleur et tendent ainsi à refroidir le système (1).

(1) L. CRISMER, *Cours sur les frontières de la Physique et de la Chimie*, Bruxelles, Lamertin, 1898, page 20.

Ne dirait-on pas qu'il y a là une sorte de régulation thermique, comparable à celle des êtres vivants? Et pourtant les vitalistes intransigeants eux-mêmes reconnaîtront que tout se passe ici mécaniquement et qu'il n'y a pas de force vitale en jeu.

Aussi ce que j'appellerai l'argument de la tempête, chez le P. Hahn, ne prouve-t-il rien du tout. En quoi consiste-t-il?

J'avais reproduit la phrase bien connue de du Bois-Reymond sur la météorologie (et, malgré les objurgations du P. Hahn, je ne rougis décidément pas de la citer de nouveau). « Quoique la météorologie, disait l'illustre physiologiste de Berlin, ne sache pas encore comment un orage se forme et qu'elle ait renoncé généralement à fabriquer le temps et même à le prédire, les dieux n'en sont pas moins proscrits depuis longtemps de son domaine... Quand donc la physiologie prendra-t-elle le courage de briser l'idole d'argile à qui elle continue à offrir des sacrifices? (1) »

Pour tâcher d'établir que l'adaptation des êtres vivants exclut toute explication mécaniste, le P. Hahn réplique à cela (page 215) que si l'on ne peut prédire le temps et déterminer à l'avance quels édifices l'ouragan renversera, du moins peut-on affirmer que la tempête suivante n'ira pas reprendre un à un les débris dispersés et les remettre chacun à leur place.

Fort bien. Mais le révérend critique commet ici une erreur de raisonnement en négligeant un élément essentiel : la durée. Un édifice, comme tout ce qui résulte d'une évolution, comme tout ce qui a une histoire, ne peut naître et se développer en un instant. Si

(1) du Bois-Reymond, *Untersuchungen über thierische Elektricität*, tome Ier, 1848. Préface, page xlix.

un cataclysme soudain venait à bouleverser tout notre système planétaire, l'honorable jésuite se figure-t-il qu'un second cataclysme suffira à le réédifier instantanément et à replacer tous les astres dans leur situation actuelle? Et, cependant, il déclare lui-même (page 217) que le « temps suffit à expliquer la formation de notre vaste système planétaire ». Ou, pour nous contenter d'un exemple plus simple et d'une expérience réalisable, croit-on que si l'on a pulvérisé un cristal quelconque, il suffise, pour le reconstituer, de le soumettre à une pulvérisation nouvelle? Or, ici, il ne s'agit que de la matière inerte et des énergies qui lui sont inhérentes.

On voit donc que l'ouragan du P. HAHN n'est pas irrésistible.

*
* *

Il est superflu de s'engager, à la suite de mon contradicteur, dans les querelles de mots, les subtilités de définitions, la comparaison entre la forme physique et la forme substantielle, et la défense qu'il a tentée des opinions des scolastiques sur la vie. Libre à lui de chercher à comprimer la pensée moderne dans ces moules surannés. Nous ne le suivrons pas.

Si l'on essaye d'envisager la question de haut, voici ce que l'on constate.

Devant les énigmes, les splendeurs et les complexités de la vie, l'esprit des hommes demeura longtemps ébloui et troublé. Les organismes semblaient pétris d'une tout autre pâte que les choses inertes; des forces tout autres semblaient se manifester en eux.

Mais nous savons maintenant que la matière qui palpite dans l'être vivant est la même que celle de l'air

qu'il respire et de la terre qu'il foule. Elle vient de là et elle y retourne; elle lui est seulement « prêtée », elle va lui être reprise : il faut, suivant un mot qui est de Bossuet lui-même, qu'elle reste « éternellement dans le commerce ».

Et, de même, l'énergie qu'il dépense n'est pas proprement sienne : elle lui a été cédée pour un moment par le Soleil...

Les arguments innombrables que l'on avait invoqués pour séparer la vie d'avec le reste de la nature et pour prouver l'existence d'une force vitale irréductible se sont effondrés un à un. Chaque jour, de nouvelles substances organiques sont obtenues en dehors des organismes; le pouvoir rotatoire qu'on leur croyait réservé peut être réalisé sans eux; la régénération, longtemps tenue pour leur apanage, se retrouve manifestement dans les cristaux que Rauber vient de réétudier; la filiation des êtres vivants a son pendant, en quelque sorte, dans l'aimantation directe qui fut longtemps le seul moyen de produire un aimant nouveau, et dans ces phénomènes étonnants des germes cristallins repris récemment avec tant de soin par Ostwald; — et l'on pourrait grandement allonger cette énumération.

Sans méconnaître ni les difficultés, ni les obscurités nombreuses qui nous environnent encore, on voit néanmoins que nos triomphes dans la connaissance de la vie consistent surtout dans les défaites successives de la force vitale. De plus en plus, nous marchons vers le but assigné il y a près d'un demi-siècle par le philosophe Lotze : « Subordonner la vie avec tous les autres phénomènes de la nature à un seul et même empire de lois générales (1). »

(1) Lotze, *Allgemeine Physiologie des körperlichen Lebens*, 1851, page 62 (cité par O. Hertwig).

Et l'on peut répéter hardiment que la preuve de l'existence de forces vitales particulières, qui incombe aux vitalistes, ils ne l'ont jamais encore fournie.

L'un des zoologistes les plus distingués de l'Allemagne, OSCAR HERTWIG, disait dernièrement (1) qu'il est indéniable que toute la biologie a rejeté depuis bien des années les doctrines vitalistes et que se mettre aujourd'hui en guerre pour l'interprétation mécaniste des êtres vivants, c'est enfoncer une porte ouverte.

Hélas! dans nos pays catholiques, où une si grande fraction de l'enseignement est encore dominée par l'Église et faussée par ses partis pris, on n'en saurait dire autant et l'on ne peut jamais déposer les armes.

IV

Mais revenons aux critiques.

M. HAHN en veut particulièrement au chapitre sur les Arabes et la Scolastique, puisqu'il me demande de le supprimer tout entier et que c'est contre lui qu'il a lancé les foudres de la presse catholique locale.

J'en suis bien fâché, mais je ne puis, pour être agréable à mon contradicteur, changer un mot à ce chapitre, tout ce qui s'y trouve étant l'expression de la vérité historique.

Voici d'abord les paragraphes que M. HAHN cite plus spécialement pour y contredire :

« Le christianisme des premiers siècles, ascétique et intolérant, se montra hostile aux recherches scientifiques qui trouvèrent, au contraire, un refuge chez les

(1) O. HERTWIG, *Mechanik und Biologie*. Iena, 1897, pages 29-30.

Arabes, « devenus la tête pensante et investigatrice de l'humanité » (J.-C. Houzeau).

» Ils cultivèrent avec ardeur les mathématiques, l'astronomie, la médecine. Parmi leurs multiples écoles philosophiques, l'étude d'Aristote occupe, dès le milieu du VIIIe siècle, une place importante. Le plus célèbre des commentateurs arabes du Stagirite est Ibn Roschd ou Averroès (1126-1198).

» C'est par l'intermédiaire des Arabes et des Juifs que la philosophie de l'Église — la scolastique — se familiarisa avec l'ensemble des œuvres d'Aristote et s'imprégna complètement, à partir du XIIIe siècle, de ses doctrines. »

L'honorable jésuite fait suivre la citation de ces mots : « M. Errera ne sait donc pas que cette accusation, répétée par lui, était déjà traitée de fausse et de surannée par Renan, en 1852, dans une thèse latine consacrée *ex professo* à ce sujet (1). »

« Cette accusation » ! Laquelle ?

La seule de mes remarques qui puisse, à la rigueur, passer pour accusatrice est relative à l'attitude intolérante du christianisme des premiers siècles et à son hostilité aux recherches scientifiques. Pourtant, ce n'est point là ce que M. Hahn paraît avoir en vue. Il me fait surtout un grief de ce que je semble être parmi ces arriérés « croyant faussement, comme dit Renan (2), qu'Aristote, après quelques générations de disciples dans le Lycée, avait été enseveli dans l'oubli, mais était ensuite ressuscité plus glorieux par le zèle de nations barbares », c'est-à-dire des Arabes.

On ne voit pas trop qu'il y ait là une accusation : c'est le simple énoncé d'une opinion historique, dont

(1) E. Renan, *De philosophia peripatetica apud Syros commentatio historica*, 1852.
(2) E. Renan, *Op. cit.*, page 8.

RAVAISSON, RENAN et d'autres ont montré l'inexactitude. Mais par quelle illusion d'optique, par quelle subtilité, par quel artifice d'interprétation M. HAHN peut-il bien avoir découvert cette assertion dans les paragraphes reproduits plus haut? Où a-t-il lu chez moi qu'ARISTOTE eût été enseveli dans l'oubli?

Ce que j'ai dit dans mon cours, et ce que j'ai brièvement indiqué dans le Sommaire, c'est que la philosophie de l'Église, qui ne connaissait d'abord d'ARISTOTE que l'*Organon*, c'est-à-dire les écrits sur la logique, et encore d'une façon incomplète (1), se familiarisa, à dater de la fin du XIIe siècle, avec l'ENSEMBLE DE SES ŒUVRES et que c'est par l'intermédiaire des Arabes et des Juifs qu'elle reçut un don si précieux, représentant, suivant le mot de RENAN, l'encyclopédie des sciences antiques (2).

Là était le point intéressant pour le sujet que je traitais, car j'avais à m'occuper non de l'histoire de la logique, mais de l'histoire des doctrines relatives à la vie, et celles-ci procèdent des traités d'ARISTOTE que la philosophie scolastique apprit seulement à connaître à la fin du XIIe siècle, grâce aux Juifs et aux Arabes, puis, plus tard, aussi par des originaux grecs apportés de Constantinople.

*
* *

Pour qui a étudié un peu l'histoire des sciences et de la philosophie, ce sont là choses élémentaires. Mais

(1) Voici ce qu'on lit dans l'admirable *Grundriss der Geschichte der Philosophie* d'UEBERWEG, 7e édition, tome II, 1886, pages 140-141 : « Dem Mittelalter waren... bis fast gegen die Mitte des zwölften Jahrhunderts von logischen Schriften der Alten ausschliesslich folgende bekannt : Aristotelis Categoriæ und De Interpretatione in der boëthianischen Übersetzung, Porphyrii Isagoge, etc. »

(2) RENAN, *Averroès et l'averroïsme*, 1852, page 158.

mon honorable adversaire, tout en s'exprimant avec une superbe assurance, paraît faire dans son article et dans sa lettre à l'*Ami de l'Ordre* de si étranges confusions entre l'*Organon* et la totalité des écrits aristotéliques qu'il me saura gré d'insister encore pour le mieux renseigner.

Il me permettra donc de lui apprendre que les plus grands docteurs scolastiques du XIe et du XIIe siècle ne lisent les auteurs grecs que dans les traductions latines. ABÉLARD déclare lui-même ne connaître qu'une partie de la Logique d'ARISTOTE : les *Catégories* et le *De Interpretatione*, et il déplore vivement que le reste ne soit pas encore traduit (1).

Aussi, lorsque par l'Espagne, par le Midi de la France, grâce à RAYMOND, archevêque de Tolède, grâce à l'archidiacre DOMINIQUE GONDISALVI, grâce à JEAN AVENDEATH et à une foule d'autres Juifs de Séville, de Marseille et de Montpellier, les commentateurs d'ARISTOTE, les uns arabes, tels qu'AVERROÈS, les autres juifs, tels qu'AVICEMBRON, commencèrent à être connus des docteurs chrétiens et leur transmirent, par leurs écrits, un ARISTOTE agrandi, la scolastique en fut comme éblouie.

HAURÉAU, qui a si bien étudié la philosophie scolastique, le proclame hautement : « Quelle dut être la joie, quel dut être l'étonnement des derniers professeurs du XIIe siècle, dit-il, quand ils eurent entre les mains, outre ces livres, enfin donnés à l'école (les parties de la Logique qui leur manquaient), tant d'autres traités d'ARISTOTE *dont ils ne soupçonnaient pas même l'existence?* » (2).

(1) UEBERWEG, *loc. cit.*, tome II, page 165. — HAURÉAU, *De la philosophie scolastique*, 1850, tome Ier, page 391 et *passim*.

(2) HAURÉAU, *loc. cit.* (La parenthèse et les italiques sont de LÉO ERRERA.)

*
* *

M. HAHN n'ignore pas, sans doute, quel accueil l'Église fit tout d'abord à ce trésor scientifique et philosophique inespéré. Une réserve qu'il a formulée (1) à propos de mon allusion au Concile de Paris m'oblige pourtant, ici encore, à mettre, comme on dit, les points sur les *i*.

Au début du XIIIe siècle, les études littéraires et philosophiques étaient florissantes à Paris, devenue « la cité des lettres ». Les Écoles de logique et de théologie qui allaient recevoir en 1215 leurs statuts du légat ROBERT DE COURÇON et prendre bientôt le nom d'Université, possédaient depuis peu la traduction latine de la Physique d'ARISTOTE, accompagnée d'un commentaire.

Vers le même temps, se produisit un mouvement théologique entaché d'hérésie. Par des procédés odieux d'espionnage et de trahison — on dirait aujourd'hui : par des agents provocateurs — les autorités ecclésiastiques arrivèrent à connaître et à saisir les principaux de ces hérétiques. Nous sommes en 1210. Un concile provincial est réuni sans retard à Paris (2), sous la présidence de l'archevêque de Sens, PIERRE DE CORBEIL.

Des quatorze accusés — treize clercs et un laïc — neuf (3) sont condamnés au bûcher : ils meurent héroïquement, au milieu des flammes, le 20 no-

(1) Dans l'*Ami de l'Ordre* du 20 février 1898.

(2) C'est par erreur que j'ai indiqué pour le Concile de Paris, dans ma lettre à l'*Ami de l'Ordre*, la date de 1209, répétée ensuite par le P. HAHN et donnée, du reste, par divers auteurs : la date exacte est 1210. (Voir HAURÉAU, *Le Concile de Paris de l'année 1210*, Revue archéologique, Paris 1864, tome X, page 417, où l'on trouvera des détails très intéressants sur ce Concile et les événements contemporains.)

(3) Ou, selon d'autres, dix.

vembre 1210. A tort ou à raison, un docteur célèbre, AMAURY DE BÈNE, fut regardé comme l'inspirateur de la secte impie. Mais AMAURY DE BÈNE était mort. N'importe : la vindicte ecclésiastique atteindra son cadavre. Le Concile décide que ses restes seront exhumés et jetés hors de la terre bénite.

Ce n'est pas tout. ARISTOTE est rendu responsable de tout le mal et, d'après la sentence du Concile, il est désormais interdit « sous la peine de l'excommunication » de lire, soit en public, soit en secret, les livres de philosophie naturelle qui portent le nom d'ARISTOTE et le commentaire qui les accompagne. Un auteur contemporain ajoute même que ces ouvrages furent condamnés à être brûlés (1).

Après la savante discussion à laquelle HAURÉAU s'est livré (2), on ne peut douter qu'il ne s'agisse dans le décret du Concile d'ouvrages authentiques d'ARISTOTE. D'ailleurs, quelques années plus tard, en 1215, dans les statuts donnés « à perpétuité » à l'Université de Paris par le légat ROBERT DE COURÇON, l'interdiction est solennellement renouvelée : *Non legantur libri Aristotelis de Metaphysica et Naturali philosophia, nec summa de iisdem* ; c'est-à-dire que la Physique et la Métaphysique d'ARISTOTE, ainsi que les abrégés qui en ont été faits par des Juifs ou des Arabes, sont à jamais prohibés.

*
* *

Cependant un revirement ne tarda pas à se produire. Celui que TERTULLIEN avait appelé : ce misérable

(1) HAURÉAU, *De la philosophie scolastique*, tome Ier, page 394 ; — BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE, *Traduction générale d'Aristote*, *Table des matières*, tome Ier, 1892, Préface, page xv, etc.

(2) HAURÉAU, *Philosophie scolastique*, tome Ier, page 402 et suivantes.

ARISTOTE, celui dont la Logique seule fut d'abord mise au service de la Foi, tandis que plusieurs de ses autres ouvrages étaient encore frappés, en 1210 et en 1215, des foudres ecclésiastiques, celui-là même régnait en maître absolu dès le milieu du XIIIe siècle dans la Scolastique et dans l'Église. Il devient le guide impeccable, le « précurseur du Christ » : peu s'en fallut qu'on ne le canonisât (1). Et DANTE, dans cette merveilleuse encyclopédie du XIIIe siècle qu'est la Divine Comédie, montre assez de quel éclat souverain le Stagirite brillait alors. Car, rencontrant dans les limbes les philosophes non-chrétiens, DANTE les énumère tous : SOCRATE, PLATON, DÉMOCRITE, EUCLIDE, AVERROÈS, et tant d'autres; mais pour ARISTOTE, inutile de le nommer; il le désigne assez en disant de lui : le Maître de ceux qui savent, *il Maestro di color che sanno* (2).

V

Dans son attaque contre les quelques paragraphes sur les Arabes et la Scolastique, le P. HAHN a mis une sorte de coquetterie à s'abriter derrière RENAN.

L'honorable jésuite y a-t-il songé? Le voilà fort compromis aux yeux de son parti, car, tout récemment encore, le même petit journal d'Arlon qui s'était fait son porte-parole contre moi, déclarait que RENAN est « la plus franche nullité historique », « un faussaire de l'histoire », « un être nul, mentant trop audacieuse-

(1) BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE, *loc. cit.*
(2) DANTE, *Inferno*, IV, 131.

ment, trop bêtement... pour tromper quiconque a l'ombre de science » (1).

En invoquant l'autorité de RENAN, le P. HAHN a donc risqué, au dire de certains de ses amis, de se « couler dans l'opinion des gens sérieux ».

Pour ma part, je l'en félicite. Mais écoutons ce que dit RENAN du point litigieux.

La brochure latine de RENAN, à laquelle M. HAHN se réfère, met en relief le rôle joué par des lettrés syriens, la plupart hérétiques, quelques-uns seulement chrétiens orthodoxes. Ils furent les premiers maîtres des Arabes en fait de philosophie et leur enseignèrent ARISTOTE (2). Mais « les Syriens de cette époque ne connaissaient d'ARISTOTE que l'*Organon* et encore à l'état tronqué... La logique est chez eux toute la philosophie et, au lieu de cette science très vaste à laquelle s'était exercé le génie de l'antiquité, ce sont des bagatelles de dialectique, des définitions de mots, des catégories et de vaines paroles qu'ils se bornent à ressasser » (3). Continuons : « A partir du xe siècle, ajoute RENAN, la philosophie est en pleine décadence chez les Syriens; après quoi, leur savoir fut puisé aux sources arabes, et c'est ainsi que l'ensemble des œuvres d'ARISTOTE arriva entre leurs mains (4). »

*
* *

Ce que nous venons de voir pour les philosophes syriens s'applique encore bien davantage, ainsi que

(1) *L'Avenir du Luxembourg*, 28-29 mars 1898. — On hésite à transcrire dans une Revue sérieuse de telles inepties; pourtant, il est bon de savoir jusqu'où va, de plus en plus, l'outrecuidance de la réaction.

(2) RENAN, *De Philosophia peripatetica*, etc., page 62.

(3) IDEM, *ibidem*, pages 72-73. Voir aussi *ibidem*, pages 39 et 40.

(4) IDEM, *ibidem*, page 73. Voir aussi *ibidem*, page 62.

nous l'avons montré, à la scolastique proprement dite.

Il reste donc absolument acquis que c'est sous l'influence judéo-arabe que l'Église et sa philosophie officielle, la scolastique, au lieu de s'en tenir à l'*Organon* mutilé, s'imprégnèrent de la doctrine complète d'ARISTOTE.

Il reste acquis, suivant le mot de RENAN, qu'« Albert (le Grand) doit tout à AVICENNE, et SAINT THOMAS, comme philosophe, doit presque tout à AVERROÈS » (1).

Il reste acquis enfin, comme notre HOUZEAU l'a exprimé si justement, que pendant plusieurs siècles les sciences trouvèrent un refuge chez les Arabes, « devenus la tête pensante et investigatrice de l'humanité » et que ce fut d'eux « que l'Europe, à la Renaissance, reçut tout son enseignement » (2).

Je n'ai pas dit autre chose et j'ose attendre de M. HAHN qu'il déclare, en adversaire loyal, s'être trompé en m'attribuant des inexactitudes dont sa trop vive imagination a fait les frais.

Et pourquoi, d'ailleurs, les historiens orthodoxes hésiteraient-ils à reconnaître ces faits incontestables? La science de l'Occident chrétien n'est pas amoindrie parce qu'elle a reçu, à un certain moment, « l'étincelle sacrée » des Juifs et des Arabes, comme ceux-ci l'avaient reçue des Syriens, ceux-ci de l'école alexandrine, qui elle-même l'empruntait à la Grèce.

Tout s'ajoute, s'enchaîne, se superpose, s'enchevêtre et s'entrelace dans l'histoire. Les floraisons d'aujourd'hui dérivent de germes qui remontent, d'âge en âge,

(1) RENAN, *Averroès et l'averroïsme*, 1852, page 187. (La parenthèse est de LÉO ERRERA.)

(2) J.-C. HOUZEAU, *Bibliographie générale de l'Astronomie*, 1887, page 177 et page 249.

jusqu'au passé le plus lointain. Avec quelque attention, ne retrouve-t-on pas dans les caractères anthropologiques des Belges, dans leur tournure d'esprit, dans leur façon de voir, de comprendre, de parler et d'agir, dans leur art si spontané même, comme des reflets et des traces de toutes les multiples influences qu'ils ont tour à tour imposées ou subies? Ou, pour citer un autre exemple que M. Hahn ne récusera pas, car il est de Renan, les Français ne sont-ils pas « Romains par la langue, Grecs par la civilisation, Juifs par la religion »?

Notre état intellectuel et social, en un mot, est la résultante de facteurs complexes, et seuls les esprits superficiels cherchent à substituer au tissu diapré de la réalité le simplisme factice de leurs préjugés ou de leur ignorance.

VI

J'espère avoir établi qu'il ne reste rien de l'attaque inconsidérée du P. Hahn au sujet des Arabes et de la Scolastique. Mais puisqu'il assure que je devrais biffer tout ce chapitre, c'est apparemment qu'il y trouve encore autre chose à reprendre.

Or, dans ce qu'il cite, il n'y a plus qu'une seule phrase dont nous ne nous soyons pas occupés jusqu'ici. C'est donc celle-là, sans doute, qui lui déplaît : « Le christianisme des premiers siècles, ascétique et intolérant, se montra hostile aux recherches scientifiques. »

Cela a-t-il besoin de justification? Ignorerait-on dans les collèges de la Compagnie de Jésus que si le christianisme prôna quelque peu la tolérance tant qu'il se sentit faible et persécuté, l'intolérance lui vint

bientôt avec la force? A peine fut-il devenu la religion officielle de l'Empire romain, à peine l'orthodoxie eut-elle formulé son credo dans le symbole de Nicée, que nous trouvons l'édit de THÉODOSE de 380 qui traite tous les non-catholiques de « fous furieux » et les menace de peines temporelles et éternelles.

La science qui ne s'incline point devant les dogmes ne pouvait pas être bien vue de ces croyants farouches. On sait — le sait-on aussi dans les collèges des Jésuites? — que la destruction du Musée, la dispersion de la bibliothèque d'Alexandrie à la fin du IVe siècle, sont dues au fanatisme chrétien et surtout au zèle du patriarche THÉOPHILE (1). C'est par la populace chrétienne que la mathématicienne HYPATIE, cette martyre païenne, fut assassinée en mars 415 (2) et — détail à la fois typique et horrible — « les moines s'acharnèrent sur son cadavre jusqu'à briser les os et en gratter les chairs avec des écailles d'huître » (3).

Toute étude profane était proscrite. Les rares chrétiens qui se risquaient à encourager le savoir, même le plus anodin, s'exposaient à recevoir des réprimandes telles que celle-ci, adressée à un évêque au VIe siècle : « Mon frère, j'ai appris, ce que je ne puis rappeler sans douleur et sans honte, que vous avez cru devoir enseigner la grammaire à quelques personnes ; apprenez donc combien il est grave, combien il est affreux (*quam grave nefandumque*) qu'un évêque traite de ces choses que doit ignorer même un laïc ! »

Qui s'exprime ainsi? Quelque moine obscur sans doute, dont les invectives ne tirent pas à conséquence?

(1) UEBERWEG, *op. cit.*, tome II, page 194 ; CHASTEL, *Revue historique*, avril 1876.

(2) IDEM, *op. cit*, 7e édition, tome I, page 327.

(3) HOUZEAU, *op. cit.*, page 177.

Non pas : un grand pape, un grand saint, SAINT GRÉGOIRE LE GRAND (1).

*
* *

Cette attitude hostile à l'égard de la science, l'Église ne l'a pas toujours eue avec tant d'âpreté, et nul plus que moi n'est prêt à admirer ses périodes d'éclat intellectuel et de grandeur morale. Ceux que n'aveugle aucun dogme n'ont point de motif pour ne pas rendre pleine justice au mérite, au savoir, à la vertu, partout où ils les rencontrent.

Mais ce que l'impartialité oblige de dire et ce qui est, du reste, presque un truisme, c'est que l'Église, par cela seul qu'elle se déclare en possession de la vérité absolue, n'admettra jamais que l'on recherche librement la vérité en dehors d'elle. On a beau proclamer qu' « il ne saurait y avoir de conflit véritable entre la foi et la science », il faut pourtant, en cas de désaccord, se ranger sous l'une de ces bannières ou sous l'autre. Et jamais l'Église n'a renoncé à la prétention, dont elle se vantait au temps de la scolastique, de subordonner le savoir humain à ses dogmes, de faire de la philosophie l'humble servante de la théologie.

*
* *

Oh! je sais bien qu'en écoutant certains ecclésiastiques modernes qui s'adonnent aux sciences, on pourrait être tenté de croire que les choses ont changé.

(1) BRUCKER, *Historia critica philosophiæ*, tome III, page 561 (cité par HAURÉAU, *De la Philosophie scolastique*, 1850, tome I, page 12).

L'un d'eux, le P. De Smedt, dans un mémoire sur l'Église et la Science invoqué par mon contradicteur, écrit entre autres :

« Le savant, comme tel, ne doit avoir qu'une seule préoccupation, arriver à la connaissance certaine et aussi complète que possible de telle ou telle classe d'êtres, suivant la branche de la science qu'il a choisie pour objet de son étude. Dans cette étude, il doit s'appuyer uniquement sur les manifestations naturelles de ces êtres, connues soit par l'observation directe, soit, lorsqu'il s'agit de faits historiques, par l'intermédiaire de témoignages humains dignes de foi. Toute connaissance acquise par une autre voie, quelque certaine, quelque complète qu'elle soit, n'est pas scientifique (1). »

Et plus loin : « Sans doute, nous nous glorifions de notre titre de catholiques, bien plus que de celui de savants ; mais nous tenons aussi à ce dernier, et *nous prétendons bien n'avoir jamais à sacrifier la moindre parcelle de l'une de ces qualités pour conserver l'intégrité de l'autre* (2). »

Belles paroles ! mais, hélas ! combien démenties par la réalité ! Je ne répondrai pas en transcrivant un autre passage du même auteur, où il se rallie à la censure des ouvrages, même scientifiques, pourvu qu'il ne s'agisse que d'y supprimer ce qui est opposé à la doctrine de la Foi (3). Je ne répondrai pas davantage en parlant ici de l'Inquisition, ni de Giordano Bruno, ni de Galilée, ni de notre Van Helmont, ni de tant d'autres illustres victimes de l'Église. Je veux seule-

(1) Ch. De Smedt, S. J., *L'Église et la Science* (*Revue des Questions scientifiques*, Bruxelles, I, 1877, page 177).

(2) Idem, *loc. cit.*, page 180. (Les italiques sont de Léo Errera.)

(3) *Loc. cit.*, page 120.

ment montrer par un exemple contemporain que le reproche d'intolérance à l'égard des recherches scientifiques, adressé à l'Église des premiers siècles, s'applique aussi, quoi qu'en pensent quelques-uns, à l'Église d'aujourd'hui.

VII

Il y avait une fois en Espagne une femme remarquable : THÉRÈSE DE CEPEDA. Elle mourut en 1582 au couvent d'Albe de Tormez et, canonisée dès 1621, devint SAINTE THÉRÈSE.

Afin de rehausser l'éclat de son troisième centenaire, qui eut lieu en 1882, l'évêque de Salamanque ouvrit un concours dans toute la chrétienté, demandant entre autres choses aux écrivains bien pensants de défendre le caractère et les révélations de la sainte contre les attaques de l'incrédulité.

La très catholique *Revue des Questions scientifiques*, de Bruxelles, a publié, en 1883, un mémoire couronné à ce concours et intitulé : « Les phénomènes hystériques et les révélations de SAINTE THÉRÈSE ». Le jury qui avait décerné le prix était composé de façon à répondre aux exigences de la plus sévère orthodoxie. Qu'on en juge plutôt : il comprenait deux membres de l'Académie d'Espagne, deux chanoines de Salamanque, le vice-recteur et les professeurs de droit de l'Université de cette ville, le recteur du collège de San Carlos, le provincial des dominicains, le prieur du couvent des franciscains, le recteur du collège des Nobles Irlandais.

Le mémoire couronné — écrit par un père jésuite — dénote à la fois une étude sérieuse et une certaine

indépendance d'esprit. Marquons-en rapidement la tendance.

L'auteur commence par reconnaître qu'en sa qualité de catholique, il n'est pas dans de bonnes conditions pour examiner scientifiquement ce qui touche au « surnaturel » : « Souvent, dit-il en effet (1), nous cédons, sans en avoir conscience, au préjugé favorable constitué pour nous par le fait même de la canonisation. Telle révélation qui nous paraîtrait fort discutable s'il s'agissait d'un sujet ordinaire, nous l'admettrons sans difficulté dès qu'elle se trouve consignée dans la vie d'un saint. » — Voilà un aveu qui lui fait honneur. Quel dommage qu'il ajoute aussitôt : « Conduite très légitime assurément... »

Il s'empresse toutefois de nous informer qu'il ne veut point faire un plaidoyer, mais une enquête; qu'il « recherche la vérité, n'altérant rien sciemment, ne déguisant rien ». Voici son programme :

« J'aborderai successivement les trois questions suivantes :

» 1° Est-il quelqu'une des révélations de SAINTE THÉRÈSE qui, considérée en particulier, présente un gage certain d'une origine surnaturelle?

» 2° SAINTE THÉRÈSE nous offre-t-elle, dans ses qualités personnelles, une garantie assurée qu'elle ne fut pas accessible à l'illusion?

» 3° Ses révélations, dans leur ensemble, présentent-elles des caractères qui suffisent à les distinguer des visions d'origine purement naturelle? (2) »

Il résout le 1° par la négative. Suit un exposé détaillé des données fournies sur l'hystérie par CHARCOT et son

(1) *Revue des Questions scientifiques*, XIII, 1883, page 9.
(2) *Ibidem*, XIII, 1883, pages 12-13.

école. Puis, revenant à SAINTE THÉRÈSE et à ce qu'elle nous dit elle-même de ses crises, notre auteur déclare qu' « il serait difficile aujourd'hui de méconnaître dans ces détails si circonstanciés une attaque d'hystérie épileptiforme ou grande hystérie » (1). Et, plus loin, il insiste : « Nous sommes ici en présence d'un cas d'hystérie organique aussi prononcé qu'il peut l'être; la maladie atteint même son plus haut degré... C'est la grande hystérie avec ses prodromes, ses contractures et ses attaques si semblables aux crises effrayantes de l'épilepsie (2). »

La conclusion ne saurait être plus formelle. Attendez pourtant un moment. Vous n'avez pas, je suppose, si complètement oublié les *Provinciales* que vous ne pressentiez quelque distinguo. Le voici :

« Mais si THÉRÈSE ressemble aux hystériques par la grande susceptibilité et l'excitabilité exagérée de son organisme, elle se distingue complètement du type ordinaire de ces malades par la trempe vigoureuse de son esprit et l'énergie patiente de sa volonté (3). »

Après nous avoir démontré que les crises de THÉRÈSE DE CEPEDA sont incontestablement celles d'une grande hystérique, l'auteur va donc chercher à nous prouver que les visions qu'elle a pendant ces crises ne sont point des hallucinations d'hystérie! Et, quoiqu'il ait dit ailleurs que l'âme et le corps sont solidaires, il arrive ainsi à concilier son opinion de physiologiste avec ses devoirs de catholique, grâce à une distinction subtile : « THÉRÈSE souffrait d'une hystérie orga-

(1) *Revue des Questions scientifiques*, XIII, 1883, page 540.
(2) *Ibidem*, XIII, 1883, pages 552-553.
(3) *Ibidem*, XIII, 1883, page 553.

nique, elle n'était nullement atteinte d'hystérie intellectuelle (1). »

*
* *

Tel est le travail couronné sous les auspices de l'évêque de Salamanque. Voici maintenant où l'histoire devient triste — ou piquante, suivant le point de vue auquel on se place.

Notre auteur a fait évidemment à l'orthodoxie les plus grandes concessions. Il conclut, en somme, d'accord avec l'Église, à l'origine surnaturelle et divine des révélations de la sainte. Mais il n'a pu s'empêcher de dire en même temps que tout, dans l'allure de ses crises, prouve clairement qu'elle était malade, atteinte d'hystérie.

Eh bien! ce minimum d'indépendance scientifique, ce minimum d'esprit critique, il faudrait presque dire ce minimum de bonne foi, la Foi tout court ne le tolère pas. La qualité de l'auteur, les garanties offertes par le jury qui a approuvé son mémoire, l'autorité même de Benoît XIV dont il a eu soin de se couvrir, ne l'ont pas sauvé des rigueurs ecclésiastiques : son œuvre a été condamnée par décret du 1er décembre 1885 et mise à l'index.

Le décret interdit à toute personne, « de quelque rang et de quelque condition qu'elle soit, d'éditer à l'avenir, *de lire ou de conserver* le travail condamné et proscrit, enjoignant, sous les peines comminées dans l'index, de le livrer à l'autorité diocésaine ou aux inqui-

(1) *Revue des Questions scientifiques*, 1883, XIV, page 82.

siteurs de l'hérésie (?!) » (1) — (ce qui, on l'avouera, doit être fort gênant pour les personnes pieuses qui ont la collection de la *Revue des Questions scientifiques*).

Que restait-il à faire au malheureux jésuite, ainsi couronné et condamné tour à tour? Suivant la formule consacrée, il se soumit et se rétracta : *laudabiliter se subjecit et opusculum reprobavit*.

On a beaucoup parlé dans certains milieux réactionnaires d'une prétendue banqueroute de la science. Que dire alors de cette faillite lamentable de l'Église qui, encourageant ses adeptes à aborder les problèmes, les bâillonne aussitôt qu'ils osent énoncer sincèrement, ingénument, la conclusion de leurs recherches?

Je m'en voudrais d'omettre un petit détail qui a son intérêt : l'auteur de ce mémoire mis à l'index n'est autre que mon honorable contradicteur, le P. Hahn. On comprendra mieux maintenant qu'il soit si prompt à demander la suppression d'un chapitre, puisqu'il a fait plus : sur un ordre de Rome, il a rétracté naguère son travail tout entier.

Ah! qu'il le sache bien : ici, l'on ne peut éprouver à son égard qu'une profonde et sympathique pitié. Il faut plaindre ces esprits à demi émancipés, qui demeurent toute leur vie comme tiraillés en sens contraires, entre la foi et la science.

Post-scriptum. — Au moment où j'achève de corriger les épreuves de cet article, on m'informe que le P. Hahn vient de publier, dans la *Revue des Questions scientifiques* (20 avril 1898), une deuxième attaque

(1) *Analecta juris pontificii*, 26e série, Rome, Paris, Bruxelles et Genève, 1886-1887, page 285. (Les italiques sont de Léo Errera.)

contre mon Sommaire. Je ne puis qu'être très honoré de voir que ces vingt pages paraissent mériter tant d'acharnement.

Il est aisé de constater par ce qui précède quelle grave imprudence M. HAHN a commise : moins que personne il pouvait révoquer en doute l'intolérance de l'Église.

Déjà dans sa première attaque, mon honorable contradicteur s'était servi à mon égard d'expressions déplacées. Il se permet de dire cette fois que je « cherche à donner le change » ; ces façons gratuites de suspecter les intentions de ceux avec qui l'on n'est pas d'accord montrent assez que le P. HAHN ne sait pas conserver à une discussion scientifique le caractère de courtoisie pour les personnes et de loyauté pour les idées qu'elle ne devrait jamais perdre.

Quant au fond, je crois avoir établi que les premières critiques de M. HAHN tombent à faux. Or, il ne fait guère que les renouveler.

Disons donc une dernière fois qu'après la fin de l'antiquité, il y a eu indubitablement, au point de vue du développement des sciences, une magnifique période arabe, qu'un Sommaire, même très succinct, même réduit aux faits capitaux, ne pouvait passer sous silence. Pendant ce temps, la chrétienté, prisonnière des mots, ne contemple le monde qu'à travers les barreaux de la cage scolastique — pour employer une expression pittoresque du regretté ALPH. LE ROY — et c'est chez les Arabes et les Juifs qu'elle a puisé ensuite l'enseignement grâce auquel elle s'est peu à peu émancipée. C'est une erreur coutumière aux écrivains ecclésiastiques de chercher à amoindrir ou même à nier cette dette. Et puisqu'il semble que mon contradicteur a pour RENAN une

affection particulière, qu'il relise dans l'*Averroès* de Renan le chapitre II : il y verra quelle profonde influence a exercée l'introduction des textes arabes qui « divise l'histoire scientifique du moyen âge en deux époques parfaitement distinctes », et il verra quel renouveau en est résulté.

En somme, je puis me borner à renvoyer aux faits et aux textes cités par M. Hahn et par moi les lecteurs qui désirent y voir clair. Quant aux autres, ce serait peine perdue de chercher à les convaincre.

LES PLANTES ONT-ELLES UNE AME? (1)

La botanique n'éveille, hélas! à l'esprit de beaucoup de gens, que l'image de quelques fleurs, de quelques plantes. Elle fait penser, peut-être aussi, à un herbier; au botaniste qui bourre son vasculum. Puis, c'est tout!

La « physiologie », — dans l'acception générale du terme — c'est la science qui étudie la vie des êtres qui se meuvent, qui sentent, qui réagissent aux excitants, vite et brusquement. On ne sait pas que les plantes présentent des mouvements, ont des sensations, des réactions, aussi le terme « physiologie » s'applique-t-il ordinairement à tout ce qui vit, sauf aux plantes: la physiologie végétale n'est pas connue, même de nom.

La philosophie semble, elle aussi, avoir oublié qu'on a groupé sous la dénomination de « physiologie végétale » un ensemble de phénomènes du plus haut intérêt. Elle ne paraît même pas s'en être aperçue, car, dans aucun des essais de classification des connaissances, elle n'a attribué à la physiologie végétale le relief et l'importance que la force des choses lui donne aujourd'hui.

M. le professeur Errera — dans une conférence dont nous donnons plus bas l'analyse succincte — a

(1) Ce résumé de la Conférence faite le 22 novembre 1900 par Léo Errera à l'Association des Étudiants en Sciences a été rédigé par J. De Meyer et a paru, après approbation de l'auteur, dans la *Revue de l'Université de Bruxelles*, janvier 1901.

montré d'une façon frappante et précise combien les philosophes ont tort de négliger presque complètement toute une moitié du monde organique.

On verra, par ce qui suit, que la physiologie végétale est loin d'être une de ces sciences spéciales, étroites et curieuses, faites seulement pour quelques esprits d'exception.

Bien au contraire : elle se rattache d'une façon particulièrement intime à tout l'ensemble de nos connaissances actuelles. Elle s'impose à l'étude des psychologues, par exemple, dont les recherches touchent à la nature même de l'homme.

*
* *

« Les plantes ont-elles une âme? » Voilà le sujet traité.

M. Errera passe vite sur les significations diverses dont on a décoré le mot âme. Il n'y a pas un mot sur lequel on ait discuté davantage.

On a parfois refusé une âme à la femme, et longtemps encore l'erreur anthropocentrique n'en a accordé une qu'au genre humain.

Aujourd'hui l'homme est revenu à de plus saines idées, et il sait qu'il est tout bonnement un Mammifère qui a eu de la chance en même temps que de l'avancement — à peu près comme les Fourmis dans la grande famille des Insectes. — Il a vu aussi que les propriétés fondamentales de ce qu'il désigne chez lui-même sous le nom d'âme se retrouvent chez les animaux; les expériences qu'il a instituées à ce propos l'ont obligé à leur en attribuer une.

Ce premier pas franchi, il se retrouve devant un problème analogue : « Les plantes ont-elles une âme? »

Si elles semblent stupidement enracinées toujours à la même place, l'expérience nous apprend qu'elles n'en sentent pas moins, qu'elles réagissent, qu'elles restent moins inertes qu'on pourrait le croire *a priori*. Leurs réactions nous échappent quelquefois pour la raison qu'elles suivent souvent de très loin une excitation lentement perçue. Cette lenteur offre pour l'étude de grands avantages, car si les effets des excitants, la marche des réactions se déroulent sans se presser et sans « fatigue », ils sont d'autant plus aptes à être décomposés et analysés.

La Physiologie végétale s'occupe de l'étude d'organismes relativement simples, où les réactions réciproques des organes ne se masquent pas trop les unes les autres; les phénomènes qu'elle étudie, quoique complexes dans leur ensemble, se déroulent petit à petit; grâce à ces deux circonstances, elle est parvenue à pénétrer bien avant dans de très obscurs problèmes et à déchiffrer, en une certaine mesure, l'énigme de la vie.

*
* *

Chez les animaux, il y a des actes de deux sortes : d'abord, les actes d'ordre mental, psychique, puis les actes non mentaux. Les premiers, qui seuls nous intéressent, ont pour caractéristique d'être accomplis en vue d'un but futur et par des moyens choisis.

Séparons ces deux points. D'abord, la plante s'efforce-t-elle d'atteindre un but défini et éloigné? Sans aucun doute. Prenons une plantule qui a été cultivée à l'obscurité et plaçons-la entre deux foyers lumineux d'intensités moyennes, légèrement différentes. La sensibilité héliotropique très fine de la plantule fera

qu'elle se courbera pour se diriger vers la lumière la plus forte. Au point de vue de la nutrition, le résultat immédiat de cette réaction est nul. En effet, il va falloir pas mal de temps à la plante pour utiliser la lumière, et ce n'est qu'après quelques heures qu'il sera possible à l'analyse microchimique de déceler des grains d'amidon dans les tissus mieux éclairés.

Second point. La plante a-t-elle plusieurs moyens à sa disposition? Exerce-t-elle une sorte de choix? Oui, sans doute, car elle peut, suivant les circonstances, atteindre le même résultat par des moyens divers.

Qu'on ne vienne pas dire qu'il s'agit ici d'une simple relation de cause à effet : l'énergie déployée par la jeune plante est incomparablement plus grande que l'énergie que lui communiquent les radiations lumineuses. Des mesures suffisent pour s'en assurer. En somme, on a affaire, ici, à un véritable phénomène d'irritabilité.

Toute la vie d'une plante n'est, du reste, qu'un vaste travail d'accumulation, d'emmagasinement pour plus tard.

L'étude de la pénétration des racines dans le sol, de la croissance de la tige, de la reproduction, de l'enroulement des plantes volubles, etc., etc., en fournissent des preuves éclatantes et nombreuses.

*
* *

Les animaux ont un système nerveux; grâce à cet appareil d'une invraisemblable complexité, ils sentent, ils perçoivent les effets des agents extérieurs. Si on le leur enlève morceau par morceau, on empêche successivement tel ou tel agent d'être ressenti et perçu. Il en résulte qu'un animal sans système nerveux se trouve

dans l'impossibilité de connaître le milieu où il vit. Les plantes n'ont pas de pareil système, elles n'ont pas de nerfs différenciés, spécialisés. Mais elles ont, dans certains cas, comme les animaux, des organes des sens bien localisés. La pointe des racines est d'une sensibilité géotropique merveilleuse; les feuilles de la Dionée se ferment aussitôt qu'on frôle seulement un de leurs trois poils sensitifs; la pointe du cotylédon des Graminacées est plus sensible à la lumière que n'importe quel photomètre.

Il serait, du reste, fort difficile de dire si ce sont les animaux ou les végétaux qui possèdent la sensibilité la plus fine et la plus étendue. Une pression absolument inappréciable pour une papille tactile animale met toute une vrille en mouvement; notre œil à nous ne voit que les couleurs intermédiaires entre le rouge et le violet; le protoplasme végétal, au contraire, perçoit manifestement les radiations ultra-violettes.

Et si le végétal manque de nerfs, ne possède-t-il pas, entre les cellules, des communications protoplasmiques innombrables, découvertes depuis une vingtaine d'années, qui se chargent de conduire les impressions?

Des variations électriques accompagnent les phénomènes nerveux. Eh bien, comme l'ont établi les recherches récentes, des phénomènes du même ordre se rencontrent aussi dans les végétaux.

Conclusion : Les plantes peuvent percevoir des impressions. Elles y répondent, comme les animaux, par des réactions appropriées.

*
* *

Chez l'animal, il y a un rapport bien net entre la valeur de l'excitant et celle de la réaction. Ce rapport

est donné par la loi de WEBER (1). Cette loi, regardée longtemps comme applicable seulement aux phénomènes psychiques de l'homme, a été vérifiée pour le chimiotoxisme des Protozoaires et pour la sensibilité héliotropique de certains Champignons. Tout dernièrement encore, on la vérifiait pour les propriétés osmotiques des cellules végétales proprement dites.

*
* *

Si on étudie en physiologie animale le résultat immédiat de l'excitation et de la réaction, on voit que, dès la première réponse de l'organisme à un excitant, il se produit un déplacement de l'état d'excitabilité de l'organisme lui-même. Ce qui veut dire qu'une excitation n'amène pas seulement une réaction, mais provoque un changement dans le mécanisme excitable. Ce changement se traduit toujours à la longue par une diminution de l'excitabilité : les excitations trop répétées finissent donc par ne plus être perçues.

C'est ce qui ressort du reste nettement de la loi de WEBER. Il s'agit donc ici d'un phénomène d'accoutumance. Ces phénomènes, si connus dans le règne animal, se retrouvent encore une fois chez les végétaux. Ainsi, la Sensitive replie ses folioles dès qu'elle sent la moindre trépidation. Si on l'y soumet longtemps, elle finit par ne plus s'en apercevoir et ses folioles restent étalées.

On pourrait en dire autant en examinant l'influence de la lumière sur les jeunes propagules du *Marchantia*.

(1) D'après cette loi, la réaction croit en progression arithmétique quand l'excitant qui la produit croît en progression géométrique, c'est-à-dire que la réaction croit comme le logarithme de l'excitation.

Et l'expérience démontre d'une façon frappante qu'une plante réagit bien davantage à un froid intermittent qu'à un froid continu, à une série d'étincelles qu'à une lumière ininterrompue. Cela parce qu'elle n'a pas eu le temps de s'habituer, de s'accoutumer à des impressions lumineuses ou thermiques peu prolongées. Ces phénomènes d'accoutumance sont innombrables. Ils constituent, entre autres, un des plus importants chapitres de la Bactériologie.

*
* *

Mais qui parle d'habitude parle de mémoire. Sans mémoire, pas d'accoutumance, pas de trace durable du passé. La mémoire, tout le monde sans hésiter la reconnaît aux animaux. Y a-t-il une mémoire végétale?

Sans aucun doute; les quelques expériences citées plus haut en sont déjà des preuves. En voici d'autres. On sait que de jeunes plantes soumises à un éclairage unilatéral se courbent vers le foyer lumineux. Si l'on déplace ce foyer de 180°, ces plantes s'infléchissent dans une direction diamétralement opposée. Si on répète l'expérience un certain nombre de fois, à des intervalles de temps réguliers, et qu'on prive ensuite ces plantes de toute lumière, elles n'en continueront pas moins, pendant un certain temps, à exécuter régulièrement leur mouvement de pendule : elles ont en quelque sorte appris l'heure. Et que dire d'arbres qui, dans nos régions, perdent leurs feuilles à des moments déterminés de l'année et qui continuent à le faire dans des régions plus chaudes où leurs congénères ne les perdent plus?

Les plantes, comme les animaux, acquièrent des habitudes; elles ont une mémoire.

*
* *

A propos de l'homme et des animaux, les philosophes attachent souvent une grande importance à ce qu'ils appellent « phénomènes de conscience ». Ce que c'est exactement, ils n'en savent rien, pour la bonne raison que leur mot conscience ne représente guère une chose bien concrète. On ressent soi-même d'une certaine façon des impressions visuelles, olfactives, on possède bien un sens musculaire, mais comment peut-on voir avec certitude si les autres ont la même « conscience », s'ils perçoivent de la même façon ces mêmes sensations? Comment, dans l'état actuel de nos connaissances, se renseigner sur le degré de conscience qui existe chez les animaux, même les plus élevés? Personne ne l'entrevoit et l'on ne peut raisonner que par analogie.

En tout cas, c'est un progrès pour nos actes psychiques de se débarrasser de ce qu'on appelle « phénomènes de conscience ». L'artiste, par exemple, n'est-il pas d'autant plus habile qu'il perd la conscience nette des mouvements qu'il exécute? N'en est-il pas de même dans toutes les autres branches de notre activité?

Bien mieux, tout ce qui devient inconscient laisse ainsi le champ libre à de nouvelles impressions, à l'exercice de nouvelles facultés.

La conscience, du reste, a été émiettée, dédoublée, réduite par les expériences d'hypnotisme. Sa présence ne saurait être considérée comme un critérium de mentalité.

Aussi ne s'occupe-t-on pas en physiologie végétale de rechercher si la plante a conscience ou non des mouvements qu'elle exécute.

*
* *

Cet ensemble de faits montre que, même au point de vue psychologique, il existe une parenté des plus manifestes entre tout ce qui vit.

Ce qui pour beaucoup constitue l'âme : c'est-à-dire la faculté de sentir et de réagir suivant des lois déterminées; la faculté d'établir un raisonnement et de se diriger, par des moyens choisis, vers un but lointain; la possibilité de recueillir des impressions, de les conserver et de les utiliser après coup ; toutes ces propriétés qui se perdent à la mort, tout cela se retrouve chez les végétaux. Sans doute, tout chez eux est simple, rudimentaire, mais tout y est déjà esquissé.

L'âme s'est compliquée et différenciée chez les animaux et chez l'homme. Elle en est arrivée à former un agrégat d'innombrables propriétés. Elle n'a fait en cela que suivre l'évolution et la complication de la structure anatomique.

SUR LA LIMITE
DE PETITESSE DES ORGANISMES (1)

On connaît aujourd'hui l'existence d'un certain nombre de microbes tellement petits qu'ils demeurent invisibles sous nos objectifs les plus puissants : ils se révèlent seulement par la très légère opalescence qu'ils donnent aux liquides dans lesquels ils pullulent, par leur aptitude à être retenus sur des bougies filtrantes suffisamment compactes et par leurs effets pathogènes. Tel est le cas notamment pour le virus de la fièvre aphteuse (Löffler), celui de la péripneumonie bovine (Nocard, Roux), celui de la « horse-sickness » (Nocard), celui de la clavelée (Borrel) et, sans doute aussi, celui de la maladie de la mosaïque du tabac (Beijerinck) (2).

Est-on en droit d'espérer que d'ici peu de temps un perfectionnement dans nos microscopes nous permettra d'apercevoir ces « microbes invisibles »? S'il suffisait pour cela d'augmenter le grossissement, comme on se l'est longtemps imaginé, la chose serait aisée. Mais il n'en est pas ainsi. Grâce surtout aux travaux classiques d'Abbe, nous savons que la visibilité des structures très fines dépend de tout autres facteurs : elle s'accroît proportionnellement à l'ouver-

(1) Ce travail a paru simultanément dans le *Bulletin de la Société royale des sciences médicales et naturelles de Bruxelles*, janvier 1903, et dans le *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome VI.

(2) On peut se demander s'il n'en est pas de même pour la panachure de certains végétaux, qui est transmissible par inoculation.

ture numérique de l'objectif et en raison inverse de la longueur d'onde de la lumière utilisée. Reprenant à ce point de vue l'étude dont s'était déjà occupé HELMHOLTZ, le Dr S. CZAPSKI, d'Iéna, particulièrement compétent en ces matières, est arrivé à la conclusion que nos microscopes sont bien près de l'extrême limite de ce qu'on peut attendre d'eux — du moins, comme il a soin de l'ajouter, « avec les moyens actuellement connus, dans les conditions actuellement données, d'après l'état actuel de nos connaissances théoriques » (1). En effet, même en se servant de l'éclairage oblique, CZAPSKI trouve que l'on ne pourra guère pousser le pouvoir de « résolution » de nos microscopes au delà d'éléments qui aient une largeur de $0^{\mu},10$ à $0^{\mu},13$; et il est intéressant de constater que les plus petits organismes observés jusqu'ici sont précisément de cet ordre de grandeur. Un microbe pathogène pour le Lapin, étudié par KOCH (*Micrococcus der progressiven Abscessbildung bei Kaninchen* FLÜGGE = *Micrococcus progrediens* SCHRÖTER) ne mesure que $0^{\mu},15$ de diamètre, et une Bactérie colorée, trouvée par VOGES dans l'eau (*Pseudomonas indigofera* MIGULA) (2), n'aurait qu'une largeur de $0^{\mu},06$ sur une longueur de $0^{\mu},18$. Mentionnons encore, en dehors des Bactéries, le *Micromonas Mesnili* de BORREL, que celui-ci rapproche des Flagellates et qui a seulement $0^{\mu},25$ de large sur $3\text{-}4^{\mu}$ de long (3).

(1) S. CZAPSKI, *Die voraussichtlichen Grenzen der Leistungsfähigkeit des Mikroskops*. (*Biologisches Centralblatt*, 1er novembre 1891, page 611.)

(2) MIGULA, *System der Bakterien*, II, 1900, pages 192 et 950. — Une liste de Bactéries rangées suivant leurs dimensions vient d'être commencée par AL. RAMSAY, *The Scientific Roll*, Londres, novembre 1902, page 174. Elle peut rendre des services; malheureusement, l'auteur y fait preuve de peu d'esprit critique.

(3) A. BORREL, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, Paris. Séance du 18 janvier 1902.

D'après tout cela, il semble que la recherche optique des « microbes invisibles » n'ait quelque chance d'aboutir dans un avenir prochain que par l'une des trois méthodes que voici. D'abord, par des procédés convenables de fixation et de coloration : leur utilité n'a plus besoin aujourd'hui d'être démontrée; elle apparaît avec évidence lorsqu'il s'agit d'éléments si petits et dont l'indice de réfraction se confond à peu près avec celui du milieu ambiant. Des tentatives dans cette voie seraient d'autant plus justifiées que certaines méthodes de coloration (par exemple celle de LÖFFLER) ont la propriété de dilater en quelque sorte le corps des microbes. En second lieu, suivant une suggestion de CZAPSKI, il faudrait essayer d'un éclairage monochromatique, bleu. Enfin, il y aurait lieu de recourir à la microphotographie, en faisant usage d'objectifs apochromatiques et d'un éclairage par des rayons très réfrangibles : pour l'infiniment petit comme pour l'infiniment lointain, la plaque sensible, grâce à sa faculté d'emmagasiner les radiations et surtout celles dont les longueurs d'onde sont le plus courtes, peut très bien fixer les images trop ténues pour impressionner notre œil.

Mais la flore ultra-microscopique dont nous commençons à soupçonner la richesse conduit à envisager encore un autre problème : j'ai l'occasion de le traiter depuis assez longtemps dans mes cours et je voudrais me permettre de le signaler ici.

Y a-t-il des organismes qui soient extrêmement petits en comparaison des microbes ordinaires, de même que ceux-ci sont extrêmement petits par rapport aux grands animaux et aux grandes plantes? Si l'on considère une Bactérie usuelle de la putréfaction — de l'ancien groupe

Bacterium termo de Cohn, par exemple, — mesurant $1^{\mu},5$ à 2^{μ} de long, on voit que ses dimensions linéaires sont un million de fois moindres que celles de l'homme et cent millions de fois moindres que celles des arbres les plus élevés (certains *Sequoia* de la Californie et certains *Eucalyptus* de l'Australie atteignent environ 150 mètres de hauteur). A première vue, rien ne semble s'opposer à ce qu'il existe aussi des êtres vivants un million de fois, ou au moins cent mille fois, ou au moins mille fois plus petits que les Bactéries aujourd'hui connues. C'est là cependant ce qu'il importe d'examiner de plus près.

La physique et la chimie mènent, on le sait, à cette idée, que la matière a une structure discontinue, qu'elle est formée de parties très petites, mais non pas infiniment petites, les molécules, constituées elles-mêmes par la réunion d'un certain nombre d'atomes. Si l'on admet cette hypothèse, il en découle immédiatement que les êtres vivants, même les plus simples, qui sont des agrégats de molécules complexes et diverses, ne peuvent descendre au-dessous de certaines dimensions minimales : essayons de les déterminer.

Depuis Loschmidt, auquel sont dues les premières estimations, on s'est efforcé d'arriver, par des voies multiples, à des données sur la grandeur absolue et le poids des molécules; et, chose remarquable, malgré la diversité des raisonnements sur lesquels on s'est fondé, les résultats concordent d'une manière satisfaisante, c'est-à-dire que tous indiquent un même ordre de grandeur : celui des dix-millionièmes de millimètre (ou, si l'on nous permet ce néologisme, des décimillimicrons) pour le diamètre des molécules gazeuses, et

des millièmes de millionième de millionième de millionième de milligramme, pour leur poids. Le poids de l'atome d'hydrogène serait, par exemple (1), 8,6 dix-millièmes de millionième de millionième de millionième de milligramme ou $8,6 \times 10^{-22}$ milligrammes; par conséquent, le poids de la molécule d'hydrogène :

$$(H_2) = 8,6 \times 2 \times 10^{-22} \text{ milligrammes,}$$

(1) NERNST, *Theoretische Chemie*, 3e édition, 1900, pages 394-395. — Dans le tableau et les valeurs donnés par cet ouvrage, il y a malheureusement plusieurs erreurs de calcul. Il peut donc être utile d'indiquer ici les chiffres rectifiés.

Si l'on représente par L la longueur moyenne du chemin que parcourt une molécule gazeuse, par x la fraction du volume total du gaz, dans les conditions normales de température et de pression, qui est réellement occupée par ses molécules, et par N le nombre de molécules contenues à 0° et à la pression atmosphérique dans un millimètre cube du gaz considéré, on a, d'après la théorie cinétique des gaz :

$$N = \frac{1}{72\sqrt{2}\pi L^3 x^2} = \frac{1}{319,7 L^3 x^2}.$$

Voici maintenant les valeurs de L et de x indiquées par NERNST pour quelques gaz, et les produits L^3x^2 rectifiés :

	$L \times 10^6$	$x \times 10^5$	$L^3x^2 \times 10^{20}$
Protoxyde d'azote N_2O	68	48	7,2
Anhydride carbonique CO_2	68	50	7,9
Éthylène C_2H_4.	58	56	6,1
Chlorure d'éthyle C_2H_5Cl	37	97	4,8
Anhydride sulfureux SO_2	48	62	4,2
		MOYENNE. . .	$6,0 \times 10^{-20}$

D'après cela, le nombre des molécules contenues dans le millimètre cube d'un gaz à 0° et 760 millimètres de pression :

$$N = \frac{1}{319,7 \times 6} 10^{20} = 5,21 \times 10^{16}.$$

Comme 1 millimètre cube d'hydrogène pèse, dans les conditions données, $0^{mgr},00009$, l'atome d'hydrogène pèse :

$$(H) = \frac{0,00009}{2N} = 8,6 \times 10^{-22} \text{ milligrammes.}$$

et celui d'une molécule quelconque ayant le poids moléculaire M :

$$(M) = 8{,}6\ M \times 10^{-22} \text{ milligrammes} \quad . \quad . \quad [1]$$

Appliquons cette valeur à l'estimation du nombre des atomes d'un élément nécessaire, mais peu abondant, qui existe dans les plus petits microbes mesurés jusqu'ici (1).

On sait que les Bactéries sont constituées par environ 85 % d'eau et 15 % de substance sèche (2). La substance sèche des végétaux renferme d'ordinaire (3) $^{24}/_{10000}$ de SO_3, ce qui fait environ $^{1}/_{1000}$ de soufre. En admettant la même proportion pour les Bactéries (non sulfuraires), on ne saurait s'éloigner beaucoup de la vérité; nos Bactéries contiendraient donc

$$\frac{1}{1000} \cdot \frac{15}{100} = 15 \times 10^{-5} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad [2]$$

de soufre, par rapport à leur poids total.

D'autre part, d'après l'équation [1], l'atome de soufre pèse :

$$8{,}6 \times 32 \times 10^{-22} \text{ milligrammes} = 275 \times 10^{-22} \text{ milligrammes.}$$

Or le *Micrococcus progrediens,* dont il a été question plus haut, ne mesure que $0^{\mu},15$ de diamètre, soit un

(1) Maxwell (cité dans Lehmann, *Molekularphysik*, volume II, 1889, page 531) a déjà fait des calculs relatifs au nombre des molécules qui composent les plus petits microbes, et Edm. Perrier (*Les Colonies animales*, 1881, page 43) a cherché à établir que nous pouvons voir dans nos microscopes des objets de l'ordre de grandeur des molécules des substances albuminoïdes. Mais le raisonnement de ce dernier est fondé sur la supposition inexacte que les images microscopiques se forment par voie purement dioptrique, tandis qu'elles sont, en grande partie, d'origine interférentielle.

(2) Voir A. Fischer, *Vorlesungen über Bakterien*, 1897, page 50.

(3) Errera, *Sommaire du cours de Botanique*, 1898, page 106.

volume de $^1/_6\,\pi\,(0^\mu,15)^3$ = environ $18 \times 10^{-4}\mu^3$; et (en lui supposant la densité de l'eau, ce qui est très près de la vérité) un poids de :

$$18 \times 10^{-4} \times 10^{-9} \text{ milligrammes} = 18 \times 10^{-13} \text{ milligrammes}. \quad [3]$$

De cette faible masse, le soufre représente, en vertu de l'égalité [2], les $^{15}/_{100000}$, soit :

$$15 \times 10^{-5} \times 18 \times 10^{-13} = 27 \times 10^{-17} \text{ milligrammes.}$$

Divisant par le poids d'un atome de soufre obtenu ci-dessus, on a :

$$27 \times 10^{-17} : 275 \times 10^{-22} = \text{environ } 10\,000.$$

Le *Micrococcus progrediens* contiendrait donc environ dix mille atomes de soufre.

On arrive à un résultat du même ordre en envisageant le nombre des molécules albuminoïdes qu'un tel microbe peut renfermer.

F. Hofmeister (1898) attribue à l'albumine cristallisée du sérum sanguin la formule moléculaire

$$C_{450}\,H_{720}\,N_{116}\,S_6\,O_{140},$$

ce qui répond à un poids moléculaire de 10 166 (1).

Une telle molécule pèse, en vertu de [1] :

$$8{,}6 \times 10166 \times 10^{-22} = 8{,}7 \times 10^{-18} \text{ milligrammes;}$$

et les autres albuminoïdes, non cristallisés, ont, sans doute, des molécules plus grosses encore.

Les Bactéries analysées par Nencki renferment environ 14 % d'albuminoïdes (2) par rapport à leur poids total, ce qui, suivant [3], représente un poids de :

$$\frac{14}{100} \times 18 \times 10^{-13} = 2{,}5 \times 10^{-13} \text{ milligrammes.}$$

(1) O. Cohnheim, *Chemie der Eiweisskörper*. Brunswick, 1900, page 18.
(2) Voir A. Fischer, *Op. cit.*, page 50.

Divisant ce poids par celui que nous venons de trouver comme minimum pour une molécule albuminoïde, nous obtenons :

$$2,5 \times 10^{-13} : 8,7 \times 10^{-18} = 2,9 \times 10^{4};$$

c'est-à-dire que notre *Micrococcus* contient moins, et probablement bien moins, que 30 000 molécules albuminoïdes.

Les deux calculs donnent donc, d'une façon concordante, un maximum de quelques dizaines de mille molécules d'albuminoïdes dans le protoplasme des plus petits *Micrococcus* observés.

Et, comme les volumes des organismes semblables sont proportionnels aux cubes de leurs dimensions linéaires, on trouverait de même qu'un *Micrococcus* de $0^{\mu},1$ de diamètre renferme, au maximum, 10 000 molécules de substance albuminoïde et 3 000 atomes de soufre; un *Micrococcus* de $0^{\mu},05$ ne renfermerait qu'un millier de molécules albuminoïdes et quelques centaines d'atomes de soufre; enfin un *Micrococcus* de $0^{\mu},01$ (soit un quinzième du diamètre du *Micrococcus progrediens*) n'aurait plus qu'une dizaine de molécules albuminoïdes et trois atomes de soufre.

Il faut en conclure, avec un degré de probabilité qui est du même ordre que la probabilité de la théorie moléculaire de la matière, qu'il ne saurait exister des organismes qui soient aux Bactéries ordinaires ce que celles-ci sont aux organismes supérieurs, c'est-à-dire d'une taille un million de fois moindre et, par conséquent, d'un poids un million de millions de millions de fois plus faible. Bien mieux : l'existence de microbes quelques centaines de fois plus petits que ceux que nous connaissons serait déjà une impossibilité.

Les « microbes invisibles » dont nous avons parlé au début de cette étude ne sont donc, très probablement, qu'un peu plus petits que les plus petits des microbes visibles.

Une douzaine seulement de corps simples diversement combinés et une soixantaine de degrés centigrades comme écarts extrêmes de température, telles sont, on le sait, les bornes étroites entre lesquelles se déroule tout le magnifique spectacle de la vie. On vient de voir que la petitesse des organismes a aussi ses limites, et celles-ci ne sont pas fort éloignées de ce que le microscope nous a déjà permis d'apercevoir.

P.-S. — Après l'impression de la note qu'on vient de lire et qui reproduit, ainsi que je l'ai dit, des remarques exposées depuis bien des années dans mes cours universitaires, j'ai eu connaissance du Discours présidentiel sur la structure moléculaire des organismes, prononcé, en septembre 1901, par le professeur Mac Kendrick, de Glasgow, à la Section de Physiologie de l'Association britannique pour l'Avancement des Sciences (*Report of the British Association for the Advancement of Science* pour 1901, page 808). Ce discours intéressant m'avait complètement échappé jusqu'ici, et je le regrette. Discutant le passage de Maxwell (v° « Atom » de l'*Encyclopaedia britannica*, 1875) auquel j'ai fait allusion plus haut (page 330, 1re note), l'auteur arrive à cette conclusion que les plus petites particules organisées, visibles au microscope, contiennent environ 1250 molécules de matières protéiques. C'est là une estimation assez semblable à la

mienne. Si l'on compare les raisonnements et les calculs développés dans la présente communication avec ceux de Mac Kendrick, on verra toutefois aisément que j'aurais diverses objections à faire contre les données sur lesquelles s'appuie le savant physiologiste écossais. Mais il serait oiseux d'y insister, puisque nous sommes dans le domaine des hypothèses et des approximations; et il suffit de constater que, malgré ces divergences, le sens général de nos conclusions est le même. — Février 1903.

ESSAIS

DE PHILOSOPHIE BOTANIQUE (1)

Dans un de ses spirituels dessins, Félicien Rops a représenté un vieux bonhomme, emmitouflé dans une robe de chambre, les yeux ombragés par un abat-jour vert, environné d'animaux empaillés, et qui a l'air empaillé comme eux. Il regarde à la loupe une petite fleur d'œillet — *Dianthus splendens*, famille des Caryophyllées, au dire de la légende inscrite sous le dessin — et il se prépare à la sécher pour son herbier.

Voilà à peu près l'image que le mot Botanique évoque à l'esprit de la plupart des gens, même des plus instruits. Il leur semble que ce soit, suivant une définition célèbre, l'art d'écraser des plantes entre des feuilles de papier brouillard et de les injurier en grec et en latin.

Que certains collectionneurs d'herbe sèche n'y voient pas autre chose, nous voulons bien l'admettre, encore que cela soit douteux. Mais ce n'est point là faire de la Botanique. La Botanique a d'autres visées et une portée plus haute. Il n'est peut-être pas inutile d'y insister. Deux grandes avenues parallèles conduisent à la connaissance de la vie : les zoologistes parcourent l'une, les botanistes l'autre, et chaque fois

(1) Ce travail a paru dans la *Revue de l'Université de Bruxelles*, tome I, avril 1896 ; il est reproduit dans le *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome IV.

qu'une lumière nouvelle éclaire l'un de ces chemins, une clarté se projette sur la route voisine. Les progrès, de part et d'autre, sont étroitement solidaires.

C'est en examinant au microscope un morceau de bouchon que Robert Hooke, en 1667, vit pour la première fois ces chambrettes qu'il appela des cellules, et le terme fut étendu plus tard aux tissus animaux. Au siècle suivant, Linné embrasse d'un seul coup d'œil les animaux et les plantes, soumet les deux règnes à une classification méthodique et applique à tous deux la nomenclature binaire. Quand Lavoisier eut expliqué les échanges gazeux des animaux et reconnu dans la respiration une véritable combustion, aussitôt ses découvertes immortelles eurent leur écho dans la physiologie végétale, et, grâce à Ingen-Housz, Senebier et de Saussure, les échanges gazeux des plantes furent élucidés à leur tour.

De même que la notion de cellule, la théorie cellulaire est née de l'étude des végétaux : Schwann s'est toujours plu à reconnaître que les observations de Schleiden lui avaient montré la voie. Si la substance organisée que nous appelons protoplasme a été d'abord clairement caractérisée chez les Protozoaires par Dujardin, c'est dans les végétaux que Robert Brown distingua le noyau et le signala comme élément constant de la cellule. Faut-il rappeler les progrès inespérés que l'étude du noyau a faits depuis une vingtaine d'années, la découverte de la caryocinèse, la découverte des centrosphères, toute cette série d'admirables travaux dus à l'effort combiné et à l'aide réciproque incessante des zoologistes et des botanistes? Il suffit de citer presque au hasard les noms d'Anton Schneider, de Balbiani, d'Auerbach, de Bütschli, de Fol, d'Édouard Van Beneden, de Schleicher,

des frères HERTWIG, de FLEMMING, de BOVERI, d'une part; ceux de TCHISTIAKOFF, de RUSSOW, de STRASBURGER, de SCHMITZ, de CARNOY, de GUIGNARD, de l'autre.

La pénétration du spermatocyte dans l'œuf a été constatée d'abord, en 1843, chez le Lapin, par BARRY; mais c'est chez des Algues que PRINGSHEIM a fait, en 1856, la première observation complète et décisive du phénomène de la fécondation.

N'est-ce pas enfin dans les travaux des botanistes, et surtout dans ceux de SACHS, que nous trouvons les premières données sur ce problème capital que l'on commence à peine à entrevoir en zoologie : l'étude des causes qui déterminent le contour et la structure de chaque être, qui font apparaître en tel point tel organe, ailleurs tel autre, les actions et les réactions mutuelles des parties organisées — en un mot, l'étiologie des formes vivantes?

Empruntant au vieux LINNÉ ce titre de « Philosophie botanique », je voudrais donc aborder ici quelques-unes des questions de la Botanique moderne.

I. — L'OPTIMUM (1)

Parmi les grands problèmes qui s'imposent à toute méditation, il n'en est pas de plus grand, il n'en est pas de plus passionnant que l'énigme de la vie. Zoologistes et botanistes, physiologistes de la vie animale et de la vie végétale, rivalisent d'efforts dans cette étude, et je ne sais devant qui le problème se dresse avec plus de majesté.

Car, si le zoologiste est atterré par la complexité de l'organisation animale, par la vivacité des mouvements, par la variété déconcertante des actions nerveuses, le botaniste qui étudie une physiologie plus calme, plus lente, en aperçoit mieux peut-être les ressorts et éprouve comme une ferveur émue devant la sérénité d'un si grandiose spectacle. La vie de l'animal me paraît ressembler à un de ces tableaux de genre où des détails compliqués s'enchevêtrent en un fouillis de colorations et d'attitudes, alors que la vie du végétal rappelle plutôt une grande fresque, aux lignes sculpturales, aux tons discrets, à l'allure religieuse. Est-il, en effet, sous nos yeux, phénomène plus impressionnant dans sa régularité annuelle que le cycle de la végétation? Quand vient l'automne, les arbres de nos forêts se dépouillent de leurs feuilles comme d'une

(1) Conférence faite au Cercle des Étudiants libéraux de l'Université de Bruxelles, le 27 mars 1896. Les renseignements donnés sous forme de notes sont ceux ajoutés par l'auteur au texte sténographié, lors de la première impression de cette causerie.

guenille usée, et chaque printemps les recouvre d'un nouveau manteau de verdure : aux rameaux engourdis, aux bourgeons qui éclosent, aux herbes qui ont hiverné, aux graines qui germent, partout, sous les premiers rayons d'avril, se fait la grande explosion printanière de la vie...

Pour qui aborde sans parti pris l'étude des phénomènes vitaux et compare le monde organique au monde inorganique, l'impression est d'abord celle d'une antithèse irréductible. Entre un caillou et le moindre des êtres vivants, y a-t-il rien de commun? Il semble qu'aucun rapport d'aucune sorte ne puisse jamais être découvert entre eux. C'est sous l'empire de ce sentiment que BUFFON regardait les animaux et les plantes comme formés d'une matière particulière : les molécules organiques (1). Eh bien, à peine cette hypothèse était-elle émise que déjà elle se trouvait réfutée. A l'époque même de la mort de

(1) BUFFON, *Œuvres complètes*, édition Flourens, tome I, page 435 et suivantes; tome III, page 417 et suivantes; tome IX, page 3.

Les molécules organiques sont, d'après BUFFON (tome I, page 438), « primitives et incorruptibles »; aussi existe-t-il « une quantité déterminée de matière organique vivante que rien ne peut détruire » (tome III, page 418; tome XII, page 452). C'est la même idée que PREYER a récemment exposée et défendue avec tant d'ingéniosité; il la formule ainsi en langage scientifique moderne : « La quantité totale de protoplasme vivant dans l'univers est invariable. » (Voir PREYER, *La loi de la conservation de la vie*, dans *Naturwissenschaftliche Wochenschrift*, 8 mars 1891.) J'ai eu l'occasion d'indiquer déjà (voyez plus haut, page 207) pourquoi cette prétendue *loi de la conservation de la vie* me semble inadmissible.

Quoique BUFFON insiste à plusieurs reprises sur l'antithèse entre la « matière vive » et la « matière brute » (*Œuvres complètes*, tome IX, page 3 et *passim*), il énonce ailleurs (tome I, page 446) cette remarque que « le brut n'est que le mort »; en d'autres termes, que les matières brutes ne seraient la plupart du temps que les débris et les parties mortes d'animaux ou de végétaux. PREYER dira de même (*Naturwissenschaftliche Thatsachen und Probleme*, 1880, pages 304, 318, etc.) que l'inorganique est de la matière morte, c'est-à-dire le résidu de ce qui a vécu.

Buffon, la chimie commençait, avec Lavoisier, son essor prodigieux et elle ne tarda pas à établir que les êtres vivants sont constitués des mêmes corps simples que la terre, l'eau et l'air, et même, chose remarquable, des plus communs parmi ces corps.

A défaut d'une matière spéciale, on continua du moins à supposer chez les êtres vivants une force qui leur fût propre. C'est la théorie de la force vitale. Tout ce qui semblait extraordinaire ou inexplicable lui était attribué, et l'on résolvait, en apparence, toutes les difficultés par l'introduction de ce terme, qui n'était pourtant, à y regarder de plus près, que le masque même de l'ignorance. Si les éléments constitutifs des organismes ne leur appartiennent pas d'une façon exclusive, ils s'y associent en des combinaisons que l'on ne retrouve point dans la nature inorganique. Ces combinaisons — pensait-on — ne pouvaient prendre naissance que sous l'influence de la vie. Mais là aussi, la chimie devait amener bientôt un bouleversement complet dans les idées régnantes. La synthèse mémorable de l'urée par Wöhler vint, dès 1828, faire une première brèche dans cette théorie, et depuis lors, jusqu'aux synthèses récentes de l'alcaloïde de la ciguë par Ladenburg et des sucres par Émile Fischer, toute la chimie organique moderne s'est élevée sur les ruines de la force vitale.

Nous voilà donc débarrassés et de la croyance en une matière organique particulière aux êtres vivants et de l'hypothèse d'une force spéciale qui leur serait inhérente. Gardons-nous de nous égarer maintenant dans de longues controverses sur la définition de la vie. Sans remonter trop loin, on réunirait cependant un choix piquant de formules bariolées, disant « tout et

le contraire de tout », à commencer par celle de l'*Encyclopédie* qui est un peu naïve : « La vie, c'est l'opposé de la mort », pour finir par celle, bien plus profonde, de CLAUDE BERNARD : « La vie, c'est la mort (1). » Laissons ces aphorismes dans les régions lointaines de la métaphysique. Comme ces autres notions fondamentales : le temps, l'espace, l'énergie, — la vie échappe probablement à une définition rigoureuse. Il nous importe bien plutôt d'en analyser les facteurs, d'en déterminer les lois et les conditions générales.

Mais la diversité est si grande parmi les êtres vivants qu'on doit procéder avec une circonspection extrême. Tel produit, poison violent pour une espèce, est inoffensif pour une autre; telle température qui tue celui-ci est très bien supportée par celui-là. Il n'est pas jusqu'à cette constatation quotidienne que l'air est nécessaire à tout ce qui vit, qui ne soit, comme nous le montrerons tout à l'heure, sujette à quelques exceptions.

Faut-il alors se décourager? Faut-il dire que nous sommes sur un territoire où les lois n'existent pas, où le caprice règne en maître, où toute règle s'évanouit, et faut-il nous arrêter comme devant une énigme indéchiffrable?

Je crois, au contraire, qu'il est possible de dégager un certain nombre de conclusions générales applicables, sans exception connue, à tous les êtres vivants. Essayons. C'est surtout sur l'une des lois les plus importantes de la physiologie, la loi de l'optimum, que je voudrais attirer ce soir votre attention. Seule-

(1) CLAUDE BERNARD, *Revue des Deux Mondes*, tome IX, 1875; IDEM, *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, 1878, tome I, page 41.

ment, pour en apprécier la signification et la portée, nous devons rappeler d'abord quels sont les facteurs de la vie, quelles en sont les conditions fondamentales.

*
* *

Au point de vue morphologique, les êtres vivants sont des mécanismes d'une merveilleuse délicatesse. Voici plus de deux siècles qu'on les regarde au microscope. Il semble qu'on doive avoir tout vu. Eh bien! non : on y observe encore constamment des rouages qui étaient ignorés, et les découvertes ne se ralentissent pas. Et de même que nos machines industrielles ne fonctionnent plus lorsque l'une des pièces de transmission a été brisée, ainsi l'accomplissement des phénomènes vitaux est lié à l'intégrité de la structure vivante.

Au point de vue dynamique, les êtres vivants sont en quelque sorte des corps explosibles (1) — des corps dans lesquels de l'énergie se trouve emmagasinée et qui peuvent la dégager, brusquement, sous une influence minime.

D'où leur vient cette énergie? De la nourriture.

On appelle aliments les substances grâce auxquelles les organismes renouvellent leur réserve d'énergie, et on donne, en physiologie, le nom d'excitants aux agents extérieurs qui, amenant la mise en liberté d'une partie de cette énergie accumulée, provoquent, en un mot, l'explosion de l'être vivant.

(1) Voyez plus haut, *Pourquoi les éléments de la matière vivante ont-ils des poids atomiques peu élevés?* page 196. Voir aussi PFLÜGER, *Physiologische Verbrennung, Nachtrag*, dans *Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie*, ome X, 1875, page 641.

La structure, les aliments, les excitants : un grand morceau de la physiologie tient déjà dans ces trois termes. Ajoutons-y seulement les conditions de milieu. Que doit-on entendre par là ?

La poudre, mélange explosible, détone dans une atmosphère d'azote ou d'acide carbonique, aussi bien que dans l'air. Mais son explosion n'a pas lieu dans le vide : dans le vide, nous pouvons impunément la mettre en contact avec un corps incandescent. On sait aussi que la poudre mouillée ne « part » pas (1). Il y a donc des conditions ambiantes sans lesquelles la poudre ne peut manifester ses propriétés explosives.

De même, pour que l'état d'explosibilité particulier de la substance vivante existe et persiste, pour que l'explosion organique se fasse, certaines conditions doivent être remplies par le milieu environnant.

Quelles sont ces conditions de milieu nécessaires à l'exercice de la vie? Il y en a trois que l'on aperçoit d'emblée : l'eau, l'oxygène, la chaleur.

A toute période de leur existence, les organismes, quels qu'ils soient, renferment toujours une certaine quantité d'eau. Assez faible dans beaucoup de graines (10-15 %), cette proportion s'élève à près de 50 % dans l'aubier, elle est plus forte encore dans les feuilles fraîches, et atteint 93 % dans le Champignon de couche, 95 % dans le Melon. Nous ne sommes pas beaucoup plus mal partagés que le Melon, puisque, dans le poids total de l'Homme adulte, l'eau entre environ pour les deux tiers.

Cette eau est indispensable. Le vieil adage : *Corpora*

(1) Sur les conditions des explosions chimiques, voir WURTZ, *Dictionnaire de chimie pure et appliquée*, v° *Poudres*, pages 1167 et 1174; LOTHAR MEYER, *Die modernen Theorien der Chemie*, 5e édition, page 405.

non agunt nisi soluta n'est pas vrai d'une façon absolue, mais il s'applique sans restriction aux organismes. Les nouvelles théories de la chimie donnent, du reste, à cet aphorisme un sens inattendu : d'après elles, les corps se dédoublent dans l'eau en leurs radicaux, en leurs « ions » actifs. Les sels, pourrait-on dire, ne se dissolvent pas, ils se résolvent; ou, suivant une expression pittoresque, ils sont de véritables cadavres que l'eau ressuscite (1). De toute façon, c'est l'eau qui donne aux substances composant les tissus vivants la mobilité nécessaire; c'est dans l'eau que s'accomplissent, pour toutes leurs cellules, les échanges physiques et chimiques incessants qui sont l'accompagnement de la vie, qui sont la vie même. Vous vous figurez peut-être qu'il y a des organismes terrestres, aériens, aquatiques? Erreur. En réalité, tous les organismes vivent dans l'eau (2) : l'eau — et on doit même ajouter : l'eau liquide — est le seul milieu au sein duquel la vie se manifeste. Nous pouvons, avec Preyer, formuler notre conclusion : « Sans humidité, pas de vie. »

Il faut aussi que ce milieu aqueux renferme de l'oxygène. Par ses affinités puissantes, l'oxygène dérange constamment l'équilibre chimique des êtres vivants et entretient en eux la flamme de la vie : flamme non pas idéale, mais réelle, puisqu'il s'agit d'un phénomène de combustion véritable, la respiration.

L'atmosphère est la source inépuisable à laquelle presque tous les êtres vivants vont puiser l'oxygène : ils l'y trouvent à l'état libre, dégagé de toute combi-

(1) Crismer, *La solution*. Liége, 1892, page 18 du tiré à part.
(2) Voir Hoppe-Seyler, *Physiologische Chemie*, 1877, page 28.

naison. Mais cette règle souffre quelques exceptions parmi les organismes végétaux inférieurs. Certains d'entre eux, étudiés par le grand PASTEUR, vivent sans air : ils sont, suivant son expression, anaérobies. Sur ce point, comme sur beaucoup d'autres, PASTEUR a été, au début, l'objet d'un grand nombre d'attaques; mais la victoire définitive lui est acquise. Dans tous nos laboratoires, on fait couramment aujourd'hui des cultures dans le vide de la Bactérie du tétanos ou du Vibrion septique. Parmi les anaérobies, il en est de facultatifs qui peuvent vivre en la présence ou en l'absence d'air; il en est aussi d'obligatoires pour qui l'air est un poison.

L'absence d'air et d'oxygène libre indique-t-elle que chez ces microorganismes la respiration ne se fait pas du tout? Au contraire, ils respirent; leurs explosions continuent sans air, comme pour la poudre environnée d'azote; seulement, dans l'un comme dans l'autre cas, l'oxygène, au lieu d'être pris à l'état gazeux et libre, provient des combinaisons où il était engagé. Qui sait même s'il n'en faut pas déduire cette conclusion, en apparence paradoxale, que les anaérobies sont les organismes les plus avides d'oxygène : ils en sont si affamés qu'ils l'arrachent à ses combinaisons. Et ils se sont si bien adaptés à ce mode d'existence, que la vie trop facile, à l'air libre, ne leur convient plus.

Quoi qu'il en soit, pour les anaérobies comme pour les autres êtres, l'oxygène est donc indispensable; il a une autre origine, voilà toute la différence. Seconde généralisation : sans oxygène, pas de vie.

La chaleur est une condition non moins générale, et toute vie s'arrête à une température suffisamment basse. C'est là, si l'on veut, un corollaire de ce que nous savons déjà au sujet de l'eau. Il faut de l'eau

liquide pour les manifestations vitales et, à une température qui peut, il est vrai, descendre dans certains cas jusqu'à — 20°, toute eau se congèle. Un certain minimum de température est donc nécessaire : sans chaleur, pas de vie.

A côté de ces trois conditions, il faut en mentionner une quatrième à laquelle on ne pense pas toujours : c'est la pression. HOPPE-SEYLER, VERWORN et d'autres s'en sont occupés. La pression a une action notable sur les phénomènes chimiques, et la vie ne continue à se manifester qu'entre certaines limites de pression extérieure.

Sont-ce là les seules conditions de milieu inséparables de toute vie? On peut dire tout au moins qu'il n'y en a pas d'autre dont la nécessité générale soit jusqu'ici établie.

La lumière? Sans doute, elle intervient chez les plantes dans certains actes vitaux dont l'arrêt entraînerait, après quelque temps, la disparition de presque tout le règne végétal et de presque tout le règne animal. Mais ce n'est là qu'un résultat indirect, et l'on ne saurait contester que la vie est possible dans l'obscurité. Certains êtres habitent des cavernes ou des abîmes sous-marins où la lumière n'arrive jamais. Les cellules profondes des tissus des gros animaux vivent dans une nuit constante. Mais il est difficile d'indiquer leur durée individuelle. Mieux vaut rappeler ces arbres, tels que le Hêtre, dont certaines des cellules internes restent vivantes, individuellement, plus de cent ans sans recevoir, tout ce temps, un seul rayon de lumière.

Pas plus que la lumière, la gravitation, l'électricité, le magnétisme ne sont reconnus, d'une manière positive, comme nécessaires à l'exercice de la vie pour tous les êtres vivants.

La vie se résume donc principalement en ceci : une réserve d'énergie se manifestant dans un mécanisme spécial, mise en jeu par des excitants et subordonnée à de certaines conditions de milieu.

*
* *

Fort bien. Mais quand, à ces formules générales un peu vagues et seulement qualitatives, on veut substituer des règles plus précises et déterminer en quelque sorte les doses favorables à la vie, la vraie difficulté commence.

Combien faut-il d'oxygène, de chaleur, d'aliments? C'est là une question beaucoup plus délicate que la simple constatation de la nécessité de l'oxygène, des aliments et de la chaleur.

Ne perdons point de vue que les règles ordinaires de l'arithmétique ne suffisent pas le moins du monde à voir clair dans le domaine de la biologie. Il n'y a que les simplistes pour se figurer qu'un et un font toujours deux et que deux et deux font toujours quatre.

Cela me rappelle l'histoire de ce jeune Turc qui, voulant se fixer en Occident, s'informait de nos mœurs :

« Comment se pratique chez vous le mariage?

— On épouse une femme.

— Mais si elle vient à mourir?

— On peut en épouser une seconde.

— Et si celle-ci meurt à son tour?

— On en prend à la rigueur une troisième.

— Et après celle-là?

— Oh! vous êtes bien exigeant. Mais, enfin, rien ne s'oppose à ce qu'on en prenne alors une quatrième. »

Et le Turc de répliquer : « Parfait ! Un et un et un et un font quatre : je les prendrai toutes les quatre à la fois !... »

Il oubliait, ce jeune Turc, un facteur essentiel : le facteur temps. La succession d'événements n'est pas la même chose que la réunion de ces mêmes événements en un moment unique. Dans la conférence retentissante qu'il faisait il y a quelques mois à Lubeck, le célèbre physicien Ostwald insistait avec raison sur l'obligation d'avoir égard au temps, lorsqu'il s'agit des phénomènes naturels (1). Partout où se produit une suite d'événements non réversible, ne pouvant pas à volonté revenir en arrière, partout où il y a une évolution, où il y a une histoire, il est nécessaire d'y regarder de beaucoup plus près, et il ne suffit pas de compter sur ses doigts comme en arithmétique. C'est ici que se manifeste clairement la notion de l'optimum.

Cette idée et ce mot ont été introduits dans la science en 1860, par Sachs, l'un des plus illustres physiologistes de ce siècle. Il s'était proposé de rechercher l'influence de la température sur la germination des graines et sur le développement des plantes.

On savait déjà, avant lui, qu'un certain minimum de température est nécessaire pour qu'une graine germe, mais on se figurait volontiers qu'à partir de ce minimum, plus la température est élevée, plus le développement est rapide. D'aucuns supposaient même une proportionnalité entre la vitesse de développement et la température, ou le carré de la température. C'est une erreur que les météorologistes n'ont pas encore tout à fait abandonnée.

(1) W. Ostwald, *Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus*. Leipzig, 1895.

SACHS a étudié la question avec une attention très grande, et, en relisant aujourd'hui ce mémoire, qui date de trente-cinq ans (1), on ne peut s'empêcher d'admirer sa pénétrante analyse physiologique et la précision des résultats auxquels il est arrivé avec des moyens d'expérimentation tout à fait primitifs. Il détermine d'abord la limite inférieure à partir de laquelle la germination se fait pour les diverses graines. Chaque organisme, et même chaque fonction de chaque organisme, ont ainsi leur zéro thermométrique. Il y a aussi un maximum de température, propre à chaque espèce, au delà duquel la germination n'a plus lieu. Mais au moins, dans l'intervalle qui sépare le minimum du maximum, allons-nous assister à une vitesse régulièrement croissante de la germination et du développement? Non pas. Ce n'est que jusqu'à un certain degré, intermédiaire entre ces deux points extrêmes, que le développement s'accélère quand la température s'élève : au delà, toute augmentation de température amène, au contraire, un développement de moins en moins rapide, et de moins en moins parfait.

Ainsi, dans ces expériences, il y a une température moyenne, la plus favorable au développement de la plante, et c'est à cet état moyen, le plus propice, que SACHS a donné le nom d'optimum. Ce terme est aujourd'hui généralement admis en physiologie animale comme en physiologie végétale.

Pour le Blé, par exemple, plante sur laquelle les expériences ont été répétées à plus d'une reprise, le minimum à partir duquel la germination commence à se faire très lentement est d'environ 0°. Le maximum

(1) J. SACHS, *Physiologische Untersuchungen über die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur* (*Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, volume II, 1860, page 338, et *Gesammelte Abhandlungen*, tome I, page 49).

est de 40°. C'est vers 28 à 29° que se produit le développement dans les conditions les meilleures et avec la rapidité la plus grande : là est l'optimum.

La relation existant entre la vitesse de croissance et la température pourra donc être représentée par une courbe qui s'élève peu à peu, atteint un point culminant, puis s'abaisse de nouveau. On reconnut bientôt qu'une allure semblable se retrouve dans une foule d'autres phénomènes physiologiques. Jetons un coup d'œil à ce point de vue sur les quelques facteurs fondamentaux de la vie que nous avons énumérés tout à l'heure.

L'homme et les animaux — cela est élémentaire — doivent se nourrir d'une façon suffisante; il est dangereux qu'ils se nourrissent avec excès. Suivant un mot connu, on se nourrit non de ce qu'on mange, mais de ce qu'on digère.

La même remarque s'applique aux végétaux. Des procédés plus précis qu'en physiologie animale permettent de déterminer rigoureusement leurs besoins nutritifs. Lorsqu'on eut commencé à s'orienter dans ce domaine, on crut qu'on pouvait donner aux plantes des quantités assez considérables d'aliments. Les premières tentatives furent suivies d'insuccès, et c'est en s'apercevant qu'il fallait employer, au contraire, des quantités très faibles de sels nutritifs, ce n'est qu'en reconnaissant, en d'autres termes, qu'il y a là un optimum à ne pas franchir, qu'on est arrivé à réaliser couramment la culture des plantes dans des milieux aqueux — ce qui est la méthode exacte et sûre entre toutes pour nous renseigner sur les exigences chimiques des êtres vivants.

Chacun sait que si des excitations modérées sont favorables à l'accomplissement des fonctions vitales, les excitations excessives sont assurément nuisibles. Pour les nerfs et les muscles des animaux, c'est chose si connue qu'il n'y a pas lieu d'insister. Mais l'existence de l'optimum est moins évidente et elle mérite d'être mise en lumière lorsqu'il s'agit des poisons.

Nous possédons aujourd'hui toute une série de recherches faites avec les précautions voulues et propres à nous instruire de l'action des poisons sur les êtres vivants. Comme conclusion générale, assurément inattendue, on trouve que des quantités très petites, loin d'être délétères, ont un effet stimulant utile. Je me bornerai à citer les études détaillées de Hugo Schulz sur les cellules animales et les cellules végétales. Pour la Levure, par exemple, on est étonné de constater que les corps connus comme les plus vénéneux exercent sur la fermentation une influence favorable lorsqu'ils interviennent en quantités suffisamment minimes : le salicylate de soude active la fermentation quand on l'emploie à la dose de 1/4000e; l'acide arsénieux produit ce résultat à une dilution de 1/40000e; il n'est pas jusqu'à ces corps souverainement toxiques, le sublimé corrosif et l'iode, qui n'en fassent autant, le premier à 1/500000e, le second à 1/600000e. Ces observations sont de nature à modifier sensiblement notre conception des poisons. Qu'est-ce, d'après cela, qu'un poison? Un corps dont l'optimum d'action est situé très bas.

L'eau même n'est pas indéfiniment inoffensive. Non seulement comme boisson, mais encore pour l'eau qui imbibe les tissus vivants et qui est retenue dans

l'intimité des cellules, il y a une proportion optimum dont on ne doit s'écarter outre mesure, ni dans un sens, ni dans l'autre. Le milieu ambiant devient dangereux s'il déshydrate trop ou trop peu. Dans ses intéressantes études sur la sensibilité des organismes à la concentration des solutions qui les baignent, l'un des nôtres, JEAN MASSART, a mis nettement ce fait en évidence.

De même pour l'oxygène. L'oxygène est nécessaire, et un excès d'oxygène tue. On doit au regretté PAUL BERT des recherches à ce sujet qui sont devenues classiques; et il a montré, chose curieuse, que la mort par excès d'oxygène offre les mêmes caractères que la mort par défaut d'oxygène : c'est une mort par asphyxie. Il y a donc un optimum d'oxygène pour chaque espèce, et les anaérobies dont nous parlions tantôt nous apparaissent à un point de vue nouveau, comme des êtres pour lesquels l'optimum de tension d'oxygène est situé fort bas.

J'ai peu de chose à ajouter à propos de la chaleur. Je vous ai parlé des études faites par SACHS. Ce n'est pas seulement sur la germination et la croissance, mais sur presque tous les phénomènes physiologiques que la chaleur exerce une action semblable. Qu'il s'agisse des mouvements du protoplasme à l'intérieur des cellules, de l'absorption par les racines, du verdissement des feuilles ou de la fréquence des pulsations cardiaques chez les animaux, nous voyons toujours la fonction s'accomplir le mieux à une certaine température moyenne, qui est l'optimum. Pour tout dire en un mot, la chaleur, encore une fois, est nécessaire, mais un excès de chaleur tue.

D'après les données concordantes que fournissent l'astronomie et la géologie, nous devons admettre que la Terre a été d'abord incandescente. Par une telle température, la vie ne pouvait exister à sa surface : il y a donc eu une période azoïque. Et si toutes nos idées sur l'évolution du système solaire et sur la dissipation de l'énergie ne sont pas trompeuses, le phénomène inverse se produira dans un avenir excessivement éloigné : la Terre refroidie, gelée, pareille à la Lune, roulera, globe inerte, dans l'immensité. Il y aura donc, un jour, une extinction de la vie par le froid ou, pour employer l'expression proposée par Dollo, une période apozoïque.

La pression, nous l'avons dit, est aussi une condition générale de la vie.

Indépendamment des expériences sur les plantes et les animaux, les ascensions à de grandes altitudes, d'une part, les observations des plongeurs et les constructions par l'air comprimé, de l'autre, nous renseignent à cet égard chez l'Homme. L'Homme supporte sans inconvénient une pression quatre fois supérieure à la pression atmosphérique, mais une pression notablement plus élevée ne tarde pas à produire des effets funestes. Inversement, quelques aéronautes intrépides se sont élevés à une hauteur de plus de 8,000 mètres, correspondant à une pression égale au tiers environ de la pression atmosphérique; ils étaient arrivés bien près de la limite compatible avec la vie humaine.

Trois ascensions en ballon sont surtout fameuses à ce point de vue. D'abord celle de Glaisher, en 1862 : il est parvenu au moins à 8,838 mètres — c'est précisément la hauteur du Gaourisankar, la cime la plus

élevée du globe — mais, à cette grande altitude, il a perdu toute conscience et n'a recouvré ses sens que lorsque le ballon est descendu.

Si BERSON, dans son ascension du 4 décembre 1894 où il a dépassé 9,100 mètres d'altitude, n'a éprouvé à 8,400 mètres qu'un évanouissement passager, cela tient aux inhalations d'oxygène par lesquelles il a, comme le recommandait PAUL BERT, compensé l'extrême raréfaction de l'air.

Une autre ascension est malheureusement plus célèbre encore, par ses conséquences tragiques. Elle a été faite en 1875. Le 15 avril de cette année, TISSANDIER, SIVEL et CROCÉ-SPINELLI partirent de Paris par le ballon *Le Zénith*. Celui-ci s'éleva d'abord jusqu'à 7,000 mètres. Jusque-là, les voyageurs n'éprouvèrent aucun malaise notable. Puis, le ballon atteignit 7,500 mètres. Alors, une certaine apathie commença à les envahir. Ils étaient, raconte TISSANDIER (1), assis dans la nacelle, immobiles, n'ayant plus la force de faire un mouvement. Le ballon montait encore. Le voici à 8,000 mètres. TISSANDIER s'en aperçoit à la marche du baromètre; il veut communiquer cette remarque à ses compagnons, mais sa langue est comme paralysée. Le ballon continuant à s'élever, il ferme tout à coup les yeux et perd connaissance. Une demi-heure après, il se réveille : le ballon était descendu à 7,000 mètres environ. CROCÉ-SPINELLI ouvre les yeux à son tour et jette du lest : le ballon remonte. TISSANDIER perd de nouveau connaissance et, lorsque, une heure plus tard, le ballon fut redescendu et que TISSANDIER revint à lui, il vit avec douleur que ses deux compagnons étaient morts...

(1) TISSANDIER, *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences de Paris, 1875, tome LXXX, page 1060.

Pour l'Homme, comme pour les animaux et les plantes, il y a donc des limites de pression qu'on ne saurait impunément dépasser. Une pression ambiante trop faible et une pression trop forte sont également nuisibles et peuvent, ainsi que nous venons de le voir, devenir mortelles.

Ce que nous avons établi pour les facteurs fondamentaux de la vie s'applique à toute une série d'autres phénomènes physiologiques, et il n'est probablement pas de chapitre de la physiologie où l'on ne retrouve cette loi de l'optimum ou du juste milieu. Donnons-en encore un exemple d'un tout autre ordre : il se rapporte à l'influence du degré de parenté des cellules sexuelles sur le résultat de la fécondation. Grâce aux belles expériences de Darwin, nous possédons là-dessus des données précises, relatives aux végétaux. Nous savons que si la parenté est trop éloignée entre les deux cellules sexuelles qui doivent se réunir au moment de la fécondation — comme cela a lieu pour des cellules sexuelles appartenant à deux espèces distinctes — la fécondation s'opère mal, il y a hybridité et, presque toujours, les hybrides sont plus ou moins stériles. Mais l'inverse est vrai aussi. Lorsqu'il y a consanguinité extrême, comme entre cellules sexuelles d'une même fleur, on constate, la plupart du temps, des effets tout aussi nuisibles et une stérilité presque aussi grande. Ainsi, dans cette question de la parenté des protoplasmes sexuels, le principe de l'optimum est manifeste.

A chaque pas, nous voyons donc le domaine de l'optimum s'étendre davantage. Il y a plus. Laisse-t-on à un organisme le choix entre des conditions diverses, on remarque dans bien des cas qu'il se dirige — en se déplaçant tout entier si c'est un animal,

en se courbant si c'est une plante — vers l'endroit où règne l'optimum.

Mais ceci ne touche qu'indirectement à notre sujet. Il nous suffisait de montrer en quoi consiste la notion de l'optimum et à quelle vaste série de phénomènes elle s'applique. Après les exemples que nous avons passés en revue et qu'il serait aisé de décupler, il n'y a pas de doute que nous touchions ici à l'un des principes fondamentaux de la physiologie, à la grande loi quantitative de la vie.

Cette conclusion, j'ai déjà eu l'occasion de l'énoncer il y a près de vingt ans, en cherchant à ramener à une formule générale les faits épars, relatifs à l'optimum, et les termes dont je me servais à cette époque me paraissent encore admissibles à l'heure actuelle : « Tout phénomène vital qui est fonction d'une variable commence à se produire à partir d'un certain état de la variable (*minimum*), se réalise de mieux en mieux à mesure que la variable croît jusqu'à un état déterminé (*optimum*), après quoi un accroissement de la variable fait se réaliser de moins en moins bien le phénomène ; celui-ci s'arrête enfin quand la variable a atteint une certaine valeur (*maximum*) (1). » Quelques années plus tard, Sachs, aux beaux travaux duquel nous devions la connaissance approfondie des premiers exemples de cette loi, insistait également sur sa portée générale (2).

Si l'existence de conditions d'optimum est propre à la plupart des fonctions vitales, peut-être même à toutes, il ne faudrait pas conclure, par une fausse réci-

(1) Voyez *Sur la structure et les modes de fécondation des fleurs*, dans le volume *Botanique générale*, I, page 74.

(2) Sachs, *Vorlesungen über Pflanzenphysiologie*, 1re édition, 1882, pages 233 et 244.

proque, que l'optimum ne s'observe jamais en dehors des êtres vivants. Ne se présente-t-il pas vers 4° une sorte d'optimum de température pour la densité de l'eau liquide, vers 33° pour la solubilité du sulfate de soude, à partir de 65° jusqu'à 98° pour la solubilité du sulfate ferreux? Dans la marche d'une machine à vapeur, n'y a-t-il pas aussi un ensemble de conditions optimales (1)?

Mais l'optimum n'en reste pas moins, par excellence, une loi régulatrice de la vie. Et s'il fallait en indiquer la cause profonde, nous la trouverions sans doute dans les propriétés physiques et chimiques de ce mélange complexe qui constitue la partie proprement active des cellules : le protoplasme. Les propriétés physico-chimiques du protoplasme vivant sont essentiellement des propriétés de juste milieu. Il est semi-liquide. Il est semi-perméable. Il est constitué surtout de matières albuminoïdes, qui ne supportent rien d'excessif, que le froid congèle et que la chaleur coagule.

*
* *

La loi de l'optimum, dont la démonstration rigoureuse appartient aux travaux physiologiques de la seconde moitié de ce siècle, touche de trop près à notre vie quotidienne pour n'avoir pas été pressentie depuis longtemps par les philosophes et les penseurs. Ce serait une énumération intéressante que celle des multiples formules en lesquelles cette idée s'est incarnée à travers les siècles. Mais il n'est pas question

(1) Voyez note page 362.

d'en faire la revue ce soir. Rappelez-vous seulement que si l'un des frontons du temple de Delphes portait l'inscription fameuse : Γνῶθι σεαυτόν (Connais-toi toi-même), l'autre fronton proclamait d'avance le principe de l'optimum, puisqu'on y lisait : Μηδὲν ἄγαν — que TÉRENCE a traduit par : *Ne quid nimis,* et LA FONTAINE par : « Rien de trop ». La même pensée se retrouve dans les Épîtres de SAINT PAUL et dans cette phrase biblique souvent citée : *Omnia in mensura et numero et pondere...* (1), ce qui ne veut pas dire qu'il faut tout ramener à des questions de poids, de nombre et de mesure, mais ce qui signifie : « Tout avec modération ». MONTAIGNE et MONTESQUIEU énoncent des maximes semblables, et même DIDEROT et RASPAIL, qui ne peuvent assurément point passer pour des esprits timorés ou d'une modération excessive.

L'opinion des grands penseurs que nous venons de citer nous invite en quelque sorte à examiner les applications de la loi physiologique de l'optimum en dehors du domaine de la seule biologie. Et pourquoi hésiterions-nous? Si le naturaliste a le droit, s'il a le devoir de faire ses recherches et d'en proclamer le résultat sans arrière-pensée, sans souci aucun des conclusions que l'on en pourra tirer, il lui est assurément permis de dire aussi quelles conséquences lui semblent, quant à lui, dériver des prémisses fournies par la science.

Oh! je sais bien que les mots de « juste milieu » sonnent mal aujourd'hui à beaucoup d'oreilles. Du reste, je n'entends pas me faire le défenseur de tous ceux, hommes ou institutions, qui ont porté cette

(1) *Livre de la Sagesse*, chapitre XI, verset 21.

étiquette. Mais laissons les mots : il faut pénétrer plus avant et, comme on l'a dit,

Sous le prisme des mots voir la clarté des choses.

Depuis un certain temps, on a beaucoup usé de comparaisons empruntées aux êtres vivants et transportées à l'organisme social. On en a même passablement abusé. Dernièrement, par exemple, on nous expliquait comme quoi l'appareil rénal des animaux est représenté par la police dans les sociétés civilisées... Mais, ici, nous n'avons pas d'exagération à craindre. La loi du juste milieu est si intimement liée aux conditions mêmes de toute vie, que son application aux diverses manifestations de la vie sociale ne saurait être douteuse.

Est-ce là un conseil banal ? Tout au contraire. La modération, la mesure, il n'y a rien de moins banal, car il n'y a rien de plus rare. Ce qui est puéril et facile, c'est l'excès. Le sauvage mange avec excès; le buveur boit avec excès; l'enfant, au début de son existence, s'imagine qu'en étendant les bras, il pourra atteindre la lune. Mais ce qui demande de la réflexion et de l'éducation, c'est de se pénétrer des limites de son propre pouvoir, c'est de se rendre compte de la mesure qu'on ne peut ni ne doit dépasser.

C'est donc l'opposé de la banalité. Il suffit de regarder autour de nous pour nous convaincre combien l'originalité apprise, l'outrance en toute chose sont devenues marchandises courantes, et combien, par conséquent, les conseils inspirés par la loi de l'optimum sont aujourd'hui en situation.

Vraiment, aux yeux de certains, il ne semble plus

y avoir de place que pour l'exagération et la violence. Que voyons-nous trop souvent? En sociologie, les prédications haineuses de la lutte des classes. En politique, des intransigeances noires et des intransigeances rouges. En art, tous les puffismes de la réclame mis au service de toutes les outrances du parti pris.

J'entends objecter que les outrances ont parfois du bon et que, pour donner l'impulsion, les exagérés sont souvent nécessaires.

Certes, et il n'y a là aucune contradiction avec ce que nous venons de dire. Au point de vue social en effet, de même qu'au point de vue simplement biologique, il n'y a jamais identité entre tous les individus, et toute règle quantitative dans ces domaines, comme l'a si bien montré notre grand Quetelet, a le caractère d'une moyenne. Qui dit moyenne dit écarts individuels plus ou moins considérables, et comme il y a toujours des éléments attardés, il faut, pour compenser leur inertie, des éléments pressés qui cherchent à dépasser le but. Les exagérés dans une direction ne valent, comme dans les courbes de Quetelet, que pour neutraliser les exagérés de signe contraire. Là est la vraie signification sociale des excessifs, des outranciers, en art, en littérature, en politique : ils ne servent qu'à maintenir le juste milieu et on voit que, loin de renverser cette notion, ils la confirment et contribuent même à la réaliser.

Mais il faut qu'ils restent des exceptions, des anomalies, j'allais dire : des monstruosités, et il n'y a rien de plus insensé, socialement aussi bien que biologiquement, que de voir les outrés et les violents chercher à faire école autour d'eux. Il est

antisocial au premier chef de prêcher la violence et de pousser aux extrêmes.

*
* *

C'est à l'invitation de mes amis les Étudiants que j'ai répondu en venant prendre ici la parole : qu'ils me laissent, pour finir, m'adresser directement à eux.

Une évolution remarquable s'effectue, Messieurs, dans les caractères de l'étudiant. A l'étudiant insouciant de jadis, se substitue peu à peu un type nouveau et plus complexe. Certes, vous n'oubliez pas que vous êtes, avant tout, la jeunesse, et vous avez grandement raison, car c'est là votre privilège le plus précieux, le plus incontestable et celui que chacun de vous est, hélas ! le plus assuré de ne pas voir durer. Mais, tous, vous vous intéressez de plus en plus aux grandes questions philosophiques, politiques et sociales qui s'agitent autour de nous; vous voulez coopérer à leur étude et, qui sait? à leur solution.

De si hautes aspirations impliquent aussi de grands devoirs, et ce n'est pas trop vous demander qu'une connaissance sérieuse des conditions générales de la vie chez les organismes et dans les sociétés.

Je crois donc que nous n'aurons, ni vous ni moi, perdu notre soirée, si j'ai réussi à vous convaincre de l'importance de la grande loi de l'optimum.

NOTE (1)

Voici un certain nombre de phénomènes physiques, chimiques et biologiques où l'existence d'un optimum est établie. Il est bien entendu que cette liste de quelques exemples n'a aucune prétention à être complète; mais elle permet du moins de se faire une idée de la diversité des domaines auxquels la notion d'optimum s'applique.

A. — OPTIMUM EN PHYSIQUE ET EN CHIMIE

Densité de l'eau. Température optimale : 4°.

Densité des solutions d'acide acétique dans l'eau. Proportion optimale : la densité est maximum quand la solution renferme 80 % d'acide acétique; à ce maximum de densité correspond un minimum de fluidité (De Heen, *Bulletin de l'Académie royale de Belgique,* 1878, page 812).

Densité de la vapeur saturée d'acide acétique : elle est minimum à la température de 150° (W. Ramsay et S. Young, *Journal of the Chemical Society,* tome XLIX, 1886, page 790).

Largeur des nappes liquides de Savart : hauteur optimale de la colonne d'eau (Plateau, *Statique expérimentale et théorique des liquides,* 1873, tome I, pages 414-419).

Solubilité dans l'eau. Température optimale pour le sulfate de soude avec 10 H^2O : vers 33° (Gay-Lussac, cité dans Wurtz, *Dictionnaire de chimie pure et appliquée,* tome II, page 1532); pour le sulfate ferreux : de 65° à 98° (Etard, *Bulletin de la Société chimique de Paris*, tome XLIX, 1888, page 923); etc.

Chaleur latente de vaporisation de l'acide acétique : elle est maximum à 110°6 (Ramsay et Young, *loc. cit.*).

Dissociation. Température optimale pour le sesquichlorure de silicium : vers 700° (Troost et Hautefeuille, *Comptes rendus,*

(1) Voyez plus haut, page 357.

tome LXXIII, 1871, page 563); pour l'acide sélénhydrique et l'acide tellurhydrique (DITTE, *ibidem*, tome LXXIV, 1872, page 980); etc.

Production de froid par l'électricité à la soudure de deux métaux (Peltier). Intensité optimale du courant (voir MOUSSON, *Physik*, 2e édition, tome III, 2, 1875, page 407).

Oxydation du phosphore. Tension optimale de l'oxygène (BOUSSINGAULT, *Agronomie, chimie agricole et physiologie*, tome IV, 1868, page 302; CAILLETET, *Comptes rendus*, tome LXXX, 1875, page 487).

Action des zymases. Températures optimales (AD. MAYER, *Lehre von den chemischen Fermenten*, 1882, page 63 et suivantes). Doses optimales de certaines substances étrangères (AD. MAYER, *op. cit.*, page 78 et suivantes; H. MÜLLER-THURGAU, *Wirkung von Diastase und Invertin*, dans *Landwirtschaftliche Jahrbücher*, tome XIV, 1885, page 795).

Fluidité ou coagulation des matières albuminoïdes. Doses optimales de certains sels et de certaines matières organiques (VARENNE, *Bulletin de la Société chimique de Paris*, tome XLV, page 427; CLAUTRIAU, *Bulletin de la Société belge de microscopie*, tome XVIII, 1892, page 157; ROSENBERG, cité par DUCLAUX, *Annales de l'Institut Pasteur*, tome VII, page 646).

B. — OPTIMUM EN BIOLOGIE

Il y a souvent lieu de distinguer ici l'optimum d'un facteur donné pour chacune des fonctions physiologiques et son optimum pour la santé générale. (Voir, par exemple, FRANK, *Pflanzenkrankheiten*, dans SCHENK, *Handbuch der Botanik*, tome I, page 429.)

ALIMENTS DES PLANTES. — Quantités optimales de matières minérales nutritives dans le substratum (PFEFFER, *Pflanzenphysiologie*, tome I, 1881, pages 83 et 254; FRANK, *Pflanzenkrankheiten*, passim; etc.).

Tension optimale de CO^2 pour l'assimilation chlorophyllienne (BOUSSINGAULT, *Agronomie, chimie agricole et physiologie*, tome IV, 1868, page 267 et suivantes; PFEFFER, *op. cit.*, tome I,

pages 205-207; DEHÉRAIN et MAQUENNE, *Expériences sur la végétation dans une atmosphère riche en* CO^2 (*Annales agronomiques*, octobre 1881).

Dose optimale de sucre pour le Champignon *Aspergillus niger* : 12 % environ (RAULIN, *Études chimiques sur la végétation*, 1870, page 192).

EXCITANTS. — Doses optimales pour l'excitation chimiotaxique (PFEFFER, *Über chemotaktische Bewegungen von Bacterien, Flagellaten und Volvocineen*, dans *Untersuchungen aus dem botanischen Institut in Tübingen*, tome II, 1888, page 622; ENGELMANN, *Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie*, tome XXVI, 1881, page 541, et tome XXIX, 1882, page 394; BEYERINCK, *Über Athmungsfiguren beweglicher Bakterien*, dans *Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde*, décembre 1893, page 27; MASSART, *La sensibilité à la concentration chez les êtres unicellulaires marins*, dans *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, tome XXII, 1891, pages 156-158; etc.). — Doses optimales pour l'excitation tonotaxique (MASSART, *loc. cit.*, page 156; etc.). — Doses optimales pour l'excitation chimiotropique (MIYOSHI, *Chemotropismus der Pilze*, dans *Botanische Zeitung*, 1894; etc.). — D'après mes expériences, il y a aussi un optimum hygrométrique (déterminé par des mélanges d'eau et d'acide sulfurique) pour la courbure hydrotropique de *Phycomyces*. [Voyez le travail *Sur l'hygroscopicité comme cause de l'action physiologique à distance découverte par Elfving*, dans le *Recueil de l'Institut botanique Léo Errera*, tome VI, page 303.]

Doses optimales pour l'action des solutions de soude et de potasse sur les mouvements des cils de l'épithélium vibratile (VIRCHOW, dans *Virchow's Archiv*, tome VI, 1854, page 133).

Doses optimales pour l'action excitante de l'éther et du chloroforme sur la production de CO^2 (ELFVING, *Über die Einwirkung von Aether und Chloroform auf die Pflanzen*, dans *Öfversigt af Finska Vetenskaps Societetens Förhandlingar*, tome XXVIII, 1886).

Action stimulante de très petites quantités d'alcool, d'éther, d'ammoniaque ou d'acide cyanhydrique sur l'allongement des végétaux (FR. DARWIN et ANNA BATESON, *The effect of stimulation on turgescent vegetable tissues*, dans *Journal of the Linnean*

Society, *Botany*, volume XXIV, 1887). De même pour des quantités très minimes d'eau oxygénée qui semblent activer la croissance des racines (BRUNCHORST, *Notizen über den Galvanotropismus*, dans *Bergens Museums Aarsberetning* 1888, publié en 1889, page 34 du tiré à part).

Action favorable de petites quantités de silice, de sels de fer et de zinc, sur l'*Aspergillus* (RAULIN, *op. cit.*, pages 166, 173, 185, 202).

Action favorable de minimes quantités de poisons : en général (HUGO SCHULZ, *Zur Lehre von der Arzneiwirkung*, dans *Virchow's Archiv*, tome CVIII, 1887, page 423; PFEFFER, *Election organischer Nährstoffe*, dans *Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, tome XXVIII, 1895, page 238, note); — pour le dégagement de CO^2 par la Levure dans la fermentation alcoolique (HUGO SCHULZ, *Über Hefegifte*, dans *Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie*, tome XLII, 1888, page 517; BIERNACKI, *ibidem*, tome XLIX, pages 112-140; G. HOFFMANN, *Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der Ameisensäure*, Greifswald, 1884; W. THOL, *Über den Einfluss organischer, nicht aromatischer Saüren auf Gährung und Fäulniss*, Greifswald, 1885; GOTTBRECHT, *Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung des Thallins*, Greifswald, 1886); — pour la fermentation lactique, voir CH. RICHET, *De l'action de quelques sels métalliques sur la fermentation lactique*, dans *Comptes rendus*, tome CXIV, 1892, page 1494; CHASSEVANT, *Thèse*, Paris 1893; IDEM, *Action des sels métalliques sur la fermentation lactique*, dans *Comptes rendus de la Société de biologie de Paris*, 8 mars 1895; ATHANASIU et LANGLOIS, *Action comparée des sels de cadmium et de zinc*, dans *Ibidem*, 1895, pages 391 et 496).

EAU. — Optimum de concentration osmotique pour divers organismes (MASSART, *Sensibilité et adaptation des organismes à la concentration des solutions salines*, dans *Archives de biologie*, tome IX, 1889; IDEM, *La sensibilité à la concentration chez les êtres unicellulaires marins*, dans *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, tome XXII, 1891, page 148; ESCHENHAGEN, *Einfluss von Lösungen verschiedener Concentration auf das Wachsthum von Schimmelpilzen*, 1889, page 32; etc.).

Optimum d'humidité pour la respiration et l'assimilation des Lichens (JUMELLE, *Revue générale de Botanique*, 15 juillet 1892, page 318).

Oxygène. — Optimum de tension d'oxygène pour la respiration (voir surtout Paul Bert, *Comptes rendus*, tomes LXXIV-LXXVIII, 1872-1874; *Annales de chimie et de physique*, tome VII, 1876, page 146; et la *Pression barométrique*, 1878).

Sur la nécessité (probable) de traces d'oxygène libre, au moins de loin en loin, chez les anaérobies, voir Denys-Cochin, *Comptes rendus*, tome XCVI, 26 mars 1883; Beyerinck, *Über Athmungsfiguren beweglicher Bakterien*, dans *Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde*, décembre 1893.

Tension optimale d'oxygène pour la germination et la croissance (Pfeffer, *Pflanzenphysiologie*, tome I, page 373; A. Wieler, *Beeinflussung des Wachsens durch verminderte Partiärpressung des Sauerstoffs*, dans *Untersuchungen aus dem botanischen Institut in Tübingen*, tome I, 1883); S. Jentys, *Einfluss hoher Sauerstoffpressungen auf das Wachsthum der Pflanzen* (*Ibidem*, tome II, 1888); etc.

Optimum de profondeur pour le semis des graines dans le sol (Frank, *Krankheiten der Pflanzen*, 1re édition, 1880, pages 217-220).

Chaleur. — Optimum de température pour diverses fonctions (Sachs, *Traité de botanique*, traduction française, 1874, page 855); — pour la germination, le développement et la croissance des plantes (Sachs, *Physiologische Untersuchungen über die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur*, dans *Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, tome II, 1860, page 338; Pfeffer, *Pflanzenphysiologie*, tome II, 1881, page 122 et suivantes); — pour la croissance et la santé générale (Frank, *Pflanzenkrankheiten*, dans Schenk, *Handbuch der Botanik*, tome I, page 429). — Optimum de température vers 34° pour le développement de l'*Aspergillus* (Raulin, *Études chimiques sur la végétation*, 1870, page 122).

Optimum de température pour les mouvements du protoplasme (Pfeffer, *Pflanzenphysiologie*, tome II, page 385; Hauptfleisch, *Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, tome XXIV, page 2); — pour la décomposition de CO^2 (Pfeffer, *op. cit.*, tome I, page 207); — pour les fermentations (Idem, *ibidem*, tome I, page 375); etc.

Optimum de température vers 35°-40° pour la fréquence des pulsations cardiaques de l'Escargot (E. Yung, *Mémoire in-4°*

de l'Académie royale de Belgique, tome XLIX, 1888, pages 91 et 92).

Optimum de température pour le dégagement de chaleur par les animaux : à 14° chez le Lapin, etc. (CH. RICHET, *Revue scientifique*, 7 août 1886, pages 169 et 170); à 20° chez le Cobaye (ANSIAUX, dans FREDERICQ, *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 1890, n° 12, page 532). Seulement, ici, c'est peut-être un « pessimum » plutôt qu'un optimum.

L'existence d'un optimum de température pour la respiration des plantes est encore discutée : DETMER, *Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft*, 1890, page 228, l'admet; PFEFFER, *Locomotorische Richtungsbewegungen*, dans *Untersuchungen aus dem botanischen Institut in Tübingen*, tome I, 1884, pages 407 et 408, et *Energetik*, dans *Berichte über die Verhandlungen der Königlich-Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, mathematisch-physische Classe*, tome XVIII, 1892, page 188, note, la nie. De même pour la transpiration des plantes. — Ces deux exceptions — à supposer qu'elles se confirment — n'ont rien d'étonnant, si l'on distingue dans l'être vivant, avec CLAUDE BERNARD (*Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, tome I, 1878, pages 156 et 272), les phénomènes d'organisation et les phénomènes de destruction : les premiers sont suspendus par les anesthésiques et méritent seuls, d'après lui, le nom de phénomènes *vitaux;* les seconds persistent malgré les anesthésiques, et sont regardés par lui comme purement chimiques. Or, la respiration et probablement aussi la transpiration (considérée en elle-même et en laissant de côté les mouvements des stomates) rentrent dans la seconde de ces catégories. Et ce sont les phénomènes vitaux seulement que vise la loi de l'optimum.

PRESSION. — Optimum de pression pour les organismes (HOPPE-SEYLER, *Physiologische Chemie*, tome I, 1877, page 7 et suivantes, et page 13; VERWORN, *Allgemeine Physiologie*, 1895, pages 284 et 292; BEAUNIS, *Nouveaux éléments de physiologie humaine*, 1876, page 1064; P. BERT, *ouvrages cités*).

LUMIÈRE. — Optimum d'intensité pour la décomposition de CO^2 (FAMINTZIN, *Annales des Sciences naturelles, Botanique*, 6e série,

tome X, page 79; PRINGSHEIM, *Untersuchungen über Chlorophyll*, III, dans *Monatsberichte der Berliner Akademie*, 1879, et *passim*). PFEFFER, après s'être prononcé catégoriquement pour la réalité de cet optimum (*Pflanzenphysiologie*, tome I, 1881, page 208), s'est rangé depuis (*Locomotorische Richtungsbewegungen*, 1884, page 407), à l'avis de REINKE (*Botanische Zeitung*, 1883, nos 41-43) qui conclut à une simple proportionnalité entre l'intensité de la lumière et la décomposition de l'anhydride carbonique. Mais il ne faut pas perdre de vue, comme PFEFFER le rappelle lui-même, que la lumière intervient directement, en qualité de source d'énergie, dans le phénomène de l'assimilation chlorophyllienne.

ÉLECTRICITÉ. — Il y a beaucoup de phénomènes d'optimum électrique. Citons-en deux seulement :

Influence d'un courant constant sur l'excitabilité d'un nerf (loi de Pflüger) (ROSENTHAL, *Nerfs et muscles*, dans *Bibliothèque scientifique internationale*, 1878, page 115 et suivantes; BEAUNIS, *Nouveaux éléments de physiologie humaine*, 1876, page 1069).

Influence de l'électricité sur la végétation. (Voir A. ALOI, *Bulletino della Società botanica italiana*, 6 mai 1895, page 188.) Mais la question demande encore de nouvelles recherches.

TRANSPIRATION. — Existence d'un optimum de transpiration pour le développement de la plante (TSCHAPLOVITZ, *Gibt es ein Transpirations-Optimum?* dans *Botanische Zeitung*, 1883, page 353).

AGE. — Optimum d'âge pour la vitesse d'accroissement en longueur : « grande période » (SACHS, *Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg*, 1872, page 102; PFEFFER, *Pflanzenphysiologie*, tome II, 1881, page 66 et suivantes).

Optimum d'âge pour l'épaisseur des couches annuelles du bois (DE BARY, *Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane*, 1877, page 490); — pour les dimensions individuelles des éléments du bois (SANIO, cité par DE BARY, pages 520-522).

PARENTÉ. — Existence d'un optimum dans l'influence de la parenté sur le résultat de la fécondation (CH. DARWIN, *Effects of Cross- and Self-Fertilisation*, 1876).

NOTE ADDITIONNELLE A « L'OPTIMUM » A PROPOS D'UN TRAVAIL RÉCENT DE M. BEIJERINCK

TOUS LES ÊTRES VIVANTS ONT-ILS BESOIN D'OXYGÈNE LIBRE? (1)

Grâce aux travaux de PASTEUR et de ceux qui l'ont suivi, on sait que divers végétaux inférieurs peuvent vivre dans un milieu privé d'oxygène libre ou, comme on dit, en anaérobies, pourvu qu'ils aient à leur disposition des aliments appropriés. Pour plusieurs de ces êtres singuliers, l'oxygène est même un poison. Aussi beaucoup de physiologistes se sont-ils inscrits en faux contre l'opinion ancienne d'après laquelle une certaine quantité d'oxygène libre serait nécessaire à tout organisme : PFEFFER, dans la seconde édition de son excellente *Physiologie végétale* (2), regarde ce « dogme » comme définitivement renversé.

La question n'est cependant pas aussi simple que l'on pourrait croire au premier abord. Songeons combien il est difficile de se débarrasser des dernières molécules d'un corps aussi répandu que l'oxygène; rappelons-nous que certains êtres ne sont, à coup sûr, que facultativement anaérobies; que d'autres ne le sont que d'une manière temporaire, que la Levure de bière, par exemple, a besoin, de loin en loin, de traces d'oxygène gazeux, et nous en arriverons à douter s'il existe, au sens rigoureux du mot, des

(1) Cette note a paru dans la *Revue de l'Université de Bruxelles*, tome III, juillet 1898.

(2) Volume I, page 521.

anaérobies obligatoires. Peut-être (ainsi que je l'indiquais naguère) un poison n'est-il pas autre chose qu'un corps exerçant son optimum d'action à dose infinitésimale et faut-il simplement envisager à ce point de vue les anaérobies « comme des êtres pour lesquels l'optimum de tension d'oxygène est situé fort bas (1) » ?

Les expériences qu'un bactériologiste des plus distingués, BEIJERINCK, vient de communiquer à l'Académie des sciences d'Amsterdam donnent, semble-t-il, à une telle opinion une grande vraisemblance. On nous saura gré de les résumer ici (2).

BEIJERINCK avait reconnu jadis que certains microbes, cultivés dans une goutte de liquide dont les bords seuls reçoivent de l'oxygène, se portent aux endroits où la tension de ce gaz est la plus forte; d'autres, au contraire, recherchent les endroits où règne une tension moyenne; quelques-uns, enfin, se réfugient où la tension est la plus voisine de zéro. De là, trois types respiratoires : celui des aérobies, celui des Spirilles, celui des anaérobies.

Toutefois, des recherches plus approfondies lui ont montré que tous les prétendus « anaérobies obligatoires » qu'il a étudiés appartiennent en réalité au type des Spirilles et s'accumulent là où la tension de l'oxygène est non pas nulle, mais très faible. Au lieu de trois, il ne trouve donc plus que deux sortes d'organismes : les aérophiles, comme il propose de les appeler, qui recherchent la plus forte

(1) *L'Optimum.* Voyez plus haut, page 352.

(2) BEIJERINCK, *Over zuurstofbehoefte bij obligaatanaëroben* (*Verslag van de gewone Vergadering der Wis- en Natuurkundige Afdeeling der koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam*, 28 mai 1898, page 19).

tension d'oxygène, et les microaérophiles qui ont besoin d'une tension moindre. Ce dernier groupe comprend à la fois les « anaérobies obligatoires » et les Spirilles.

Certains microbes étant immobiles ne peuvent rechercher activement les endroits du milieu de culture qui leur conviennent le mieux. Mais, chez tous, il est possible d'examiner l'influence de quantités variables d'oxygène sur la croissance, et l'on se convainc alors « que l'oxygène libre est bienfaisant pour tout ce qui vit et, probablement, à la longue nécessaire ».

Les micro-organismes qui ont été fortement aérés paraissent avoir chargé leurs cellules d'une petite réserve d'oxygène libre qu'ils peuvent, ensuite, consommer peu à peu : cela explique, suivant notre auteur, qu'ils soient temporairement aérophobes ou, en d'autres termes, qu'ils se trouvent alors le mieux dans les zones à tension d'oxygène minimum ou même égale à zéro.

Nous ne saurions entrer ici dans le détail des méthodes expérimentales. Pour faire disparaître les dernières traces d'oxygène, BEIJERINCK a suivi, dans plusieurs cas, un détour ingénieux dont un savant anglais, MARSHALL WARD, avait déjà signalé l'efficacité : il a cultivé, dans le même milieu que le microbe anaérobie, un aérobie qui enlevait avec avidité tout l'oxygène disponible. On pourrait craindre que l'aérobie ne produisît en même temps des substances nuisibles à son compagnon et susceptibles d'influer sur le développement de celui-ci, en dehors de la proportion d'oxygène. Mais, dans d'autres cas, cette cause d'incertitude n'existait pas et les résultats sont restés les mêmes.

Les anaérobies étudiés par BEIJERINCK sont le ferment butyrique *(Granulobacter saccharobutyricum)*, le ferment butylique *(Granulobacter butylicum)*, les trois principaux anaérobies de la putréfaction des matières albuminoïdes et l'organisme de la réduction des sulfates *(Spirillum desulfuricans)*.

L'auteur résume ses conclusions dans les termes suivants :

« Sont aérophiles : toutes les Bactéries aérobies sauf les Spirilles, la plupart des anaérobies facultatifs, probablement toutes les cellules des tissus des animaux et des plantes supérieurs, la plupart des Infusoires.

» Sont microaérophiles : les quelques anaérobies obligatoires étudiés jusqu'ici, ainsi que le *Spirillum desulfuricans;* puis, parmi les anaérobies facultatifs, probablement tous les ferments lactiques; ensuite, quelques-unes et peut-être beaucoup d'espèces de Monades et certains Infusoires.

» Enfin, sont aérophiles au point de vue de la croissance et microaérophiles au point de vue du mouvement : la plupart des Spirilles véritables; peut-être aussi quelques Monades. »

Sans se flatter d'avoir fourni une démonstration absolument complète, l'auteur est porté à déduire de ses recherches que l'oxygène libre est indispensable à tous les êtres vivants connus : plus ou moins, selon les espèces.

Il semble donc bien qu'il y ait pour tout organisme animal ou végétal une tension optimale de l'oxygène, comme PAUL BERT l'avait vu l'un des

premiers. Sans doute, dans certains cas, cet optimum serait situé très haut, une augmentation notable de la proportion d'oxygène dans l'air n'amenant pas de modification sensible à la respiration des êtres supérieurs (1) — contrairement à ce qu'affirmait PAUL BERT — et il faut peut-être recourir à des expériences prolongées ou à de l'oxygène comprimé pour mettre l'optimum en évidence. Tandis que chez les anaérobies cet optimum serait situé incroyablement bas.

Certes, notre esprit de généralisation se complairait à constater la nécessité de l'oxygène pour tout ce qui vit, mais il faut bien avouer que notre besoin de causalité n'en serait que médiocrement satisfait. Car les quantités infinitésimales d'oxygène gazeux qui suffisent pendant de longues générations à certains microbes ne sauraient leur fournir qu'une proportion négligeable d'énergie et l'on ne voit vraiment pas jusqu'ici pourquoi l'oxygène combiné, qui existe en abondance dans leur nourriture, ne peut pas remplir le même office. Malgré soi, on en vient à se demander avec BEIJERINCK, si ces traces d'oxygène libre n'exercent pas sur le protoplasme quelque action chimique toute spéciale et encore inconnue.

(1) L. DE SAINT-MARTIN, *Comptes rendus*, 1884, volume XCVIII, page 241; L. FREDERICQ, *Comptes rendus*, 1884, volume XCIX, page 1124; LUKJANOW, *Zeitschrift für physiologische Chemie*, 1884, tome VIII, page 313; PFEFFER, *Pflanzenphysiologie*, 2e édition, volume I, 1897, pages 548-551; etc.

II. — A PROPOS DE GÉNÉRATION SPONTANÉE (1)

L'origine des êtres vivants a préoccupé l'homme dès qu'il s'est mis à réfléchir.

Chez les animaux supérieurs, il est visible que les jeunes proviennent de parents. Mais pour les animaux inférieurs et pour beaucoup de plantes, le moment de la naissance n'est pas si facile à saisir; et partout où la filiation n'apparaissait pas avec évidence, l'Antiquité n'hésitait pas à admettre une génération sans parents ou « hétérogénie », ou encore, si nous voulons employer le terme moins précis que l'usage a consacré, une « génération spontanée ». ARISTOTE lui-même acceptait cette idée pour quelques Poissons, la plupart des Mollusques et certains Insectes (2) : aussi, tout le Moyen Age y a-t-il cru après lui.

On ne se contentait pas de croire à la génération sans parents : on donnait des recettes infaillibles pour la réaliser. De même que VIRGILE, dans le célèbre épisode du berger ARISTÉE, indique l'art de faire naître des essaims d'Abeilles hors des flancs d'un jeune Taureau immolé (3), notre grand physiologiste

(1) Ce travail, paru dans la *Revue de l'Université de Bruxelles*, tome V, mai 1900, est le texte complété et augmenté de notes, de la communication faite à la séance du 5 juin 1899, de la *Société royale des sciences médicales et naturelles de Bruxelles*. Il a été reproduit dans le *Recueil de l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles*, tome IV.

(2) ARISTOTE, *De generatione animalium*, tome II, page 1 ; et *Historiæ animalium*, tome I, page 5.

(3) VIRGILE, *Géorgiques*, livre IV, vers 281 et suivants.

Van Helmont enseigne encore au XVIIe siècle que des grains de Blé, sous l'influence du « ferment » contenu dans une chemise sale, se transforment, après une vingtaine de jours, en Souris (1).

Il y a deux cents ans à peine que le naturaliste florentin Redi commença à étudier la génération spontanée par des expériences, par des observations méthodiques (2), et la question est loin d'être résolue. Mais elle est de celles qui s'imposent et qu'il convient de réexaminer de temps en temps, en s'efforçant de concentrer sur elle, de toutes parts, les clartés nouvelles que le progrès scientifique a fait jaillir.

(1) On fait assez souvent allusion à cette affirmation de Van Helmont, mais on n'en cite guère le texte. Il peut donc être intéressant de le transcrire ici, d'après les *Opera omnia* de J.-B. Van Helmont, Francfort, 1682, chapitre XXI, pages 108-109 (je dois l'indication exacte du renvoi à l'obligeance de M. le professeur J.-Victor Carus, le savant auteur de l'*Histoire de la Zoologie*) :

« Hinc enim nedum pediculi, cimices, pulices et lumbrici, hospites ac vicini nostræ fiunt miseriæ, nostrisque velut nascuntur e penetralibus, et excrementis ; sed etiam si indusium sordidum intra os vasis, in quo sit triticum, comprimatur, intra paucos dies (puta 21) fermentum indusio haustum, et odore granorum mutatum, ipsum triticum, sua pelle incrustatum, in mures transmutat... Quod mirabilius est, e frumento et indusio, mures, non quidem parvuli, aut lactentes, nec minutuli, aut abortivi : sed prorsus formati exsiliunt. »

Voici la traduction de ce passage que donne M. Jean Le Conte, docteur médecin, dans l'édition des *Œuvres de Jean-Baptiste Van Helmont*, Lyon, 1670, tome I, chapitre XVI, page 104 :

« De là les pouls (*sic*), puces, punaises, vers, etc., ne prennent pas seulement naissance de nous et de nos excréments : mais aussi si on comprime une chemise sale en la bouche d'un vaisseau, où il y ait du froment ; dans une vingtaine de jours ou environ, le ferment sorti de la chemise est altéré par l'odeur des grains, (et) transmuë le bled revêtu de son écorce en souris... Et ce qui est encore plus admirable, c'est qu'ils ne sortent pas du froment comme des petits avortons et à demy formés. Mais ils sont en leur dernière perfection, sans qu'ils aient besoin, comme les autres, du tétin de leur mère. »

(2) Le médecin et naturaliste François Redi démontra, notamment, que les « vers » qu'on trouve dans la viande gâtée proviennent d'œufs pondus par des mouches, et qu'il suffit de protéger la viande par un morceau de gaze pour empêcher leur apparition.

I

D'après les données concordantes de la géologie et de l'astronomie, la Terre s'est trouvée d'abord à une température très élevée, qui était absolument incompatible avec l'existence d'êtres vivants comparables à ceux que nous connaissons : elle a passé, suivant l'expression des géologues, par une période azoïque.

La solidification de sa surface remonte, d'après les derniers calculs de l'éminent physicien LORD KELVIN, à plus de vingt, mais à moins de quarante millions d'années; et la vraie valeur est probablement beaucoup plus près de vingt que de quarante (1). Sa température s'étant ensuite abaissée suffisamment, les premiers organismes y ont apparu. Ils ne dérivaient pas d'organismes préexistants, puisqu'ils étaient les premiers. Ils doivent donc s'être formés directement, sans l'intervention de parents, au moyen de composés de carbone, d'oxygène, d'hydrogène, d'azote, etc., empruntés à la nature inerte ambiante.

La vie s'est, depuis lors, manifestée sur le globe en des formes de plus en plus diverses et complexes, en un épanouissement sans cesse plus riche. C'est la période propice à la vie, la période euzoïque, dans laquelle nous nous trouvons encore.

Mais, selon toute vraisemblance, la Terre continuant à se refroidir finira, dans un avenir très lointain, par être de nouveau inhabitable : toute l'eau y deviendra solide, la vie s'y éteindra. Tombeau des

(1) LORD KELVIN, *The age of the earth as an abode fitted for life* (*Philosophical Magazine*, 1899, série 5, volume 47, page 75).

civilisations à jamais disparues, notre globe roulera à travers les espaces, pareil à la Lune, froid, desséché et désert.

Ce sera la période apozoïque (1) : la période de l'anéantissement de la vie.

II

Envisagée de cette sorte, la génération spontanée s'impose à l'esprit comme un postulat inéluctable. Pourtant, après la mémorable victoire de PASTEUR sur POUCHET, — des « panspermistes » sur les « hétérogénistes » — la génération spontanée tomba dans un tel discrédit qu'on essaya de s'en débarrasser à tout prix, soit par l'hypothèse des cosmozoaires, soit par celle des pyrozoaires.

Que faut-il entendre par là ?

Certains naturalistes pensent que la vie n'a jamais pris naissance sur notre planète, laquelle aurait été ensemencée du dehors, par des germes étrangers. C'est ce que PREYER a appelé l'hypothèse des cosmozoaires et DU BOIS-REYMOND celle de la panspermie cosmique (2). On l'a présentée sous deux formes différentes.

Plusieurs météorites renferment dans leur masse un peu de carbone et même une sorte d'humus. Le

(1) L'expression très adéquate de période apozoïque a été proposée par DOLLO (Sommaire du *Cours de géologie* de l'Extension de l'Université de Bruxelles, 1895, page 26).

(2) W. PREYER, *Hypothesen über den Ursprung des Lebens* (*Deutsche Rundschau*, avril 1875); et IDEM, *Naturwissenschaftliche Thatsachen und Probleme*, Berlin, 1880, page 45; DU BOIS-REYMOND, *Über die Grenzen des Naturerkennens*, édition 1882, page 25.

carbone étant l'élément caractéristique des substances organiques, on s'est demandé si quelque météorite n'a pas apporté à la Terre un premier germe vivant, provenant d'un autre astre. Un dilettante français, le comte DE SALES-GUYON DE MONTLIVAULT, paraît avoir le premier, en 1821, énoncé cette idée (1), que WILLIAM THOMSON (devenu, depuis, LORD KELVIN) et HELMHOLTZ ont retrouvée et exprimée ensuite à nouveau, une cinquantaine d'années plus tard, en lui donnant l'appui de leur haute autorité (2).

Mais par suite du frottement contre notre atmosphère, les météorites subissent, tout au moins à leur surface, un échauffement tel que des germes superficiels seraient détruits; quant à leur attribuer, dans leur profondeur, des germes vivants, cela est bien peu admissible, attendu qu'elles constituent des masses solides, plus ou moins cohérentes, impropres à héberger des organismes. Et puis, ces « pierres tombées du

(1) *Conjectures sur la réunion de la lune à la terre, et des satellites en général à leur planète principale, à l'aide desquelles on essaie d'expliquer la cause et les effets du déluge, la disparition totale d'anciennes espèces vivantes et organiques, et la formation soudaine ou apparition d'autres espèces nouvelles et de l'homme lui-même sur le globe terrestre*, par un ancien officier de marine. Paris, 1821. Cette brochure anonyme, qu'a déjà signalée la revue *Ciel et Terre*, 1885, 2e série, volume I, page 406, a pour auteur le comte ELÉONOR-JACQUES-FRANÇOIS DE SALES-GUYON DE MONTLIVAULT, chevalier de Malte, ancien capitaine de frégate des vaisseaux du Roi, né vers 1763 (Voir QUÉRARD, *La France littéraire*, tome VI, 1834, page 264).

(2) C'est dans son discours de 1871, à la *British Association for the Advancement of Science*, que SIR W. THOMSON indique, comme hypothèse, « that life originated on this earth through moss-grown fragments from the ruins of another world ». — Pour HELMHOLTZ, voir sa Préface du volume I, 2e partie, de la traduction allemande de THOMSON et TAIT, *Handbuch der theoretischen Physik*, 1873, page XI et suivantes.

On prétend parfois que PASTEUR se serait rallié à l'hypothèse de la panspermie cosmique, mais je ne connais aucun passage de ses écrits qui révèle une telle adhésion. DUCLAUX et VALLERY-RADOT, si compétents pour tout ce qui touche à PASTEUR, et auprès desquels je me suis renseigné, ont bien voulu me dire aussi qu'ils ne l'ont jamais entendu parler de cette théorie.

ciel » ne sont-elles pas vraisemblablement des débris d'astres avortés, d'où l'eau liquide (1) et, par conséquent, la vie ont toujours été absentes, ou bien d'astres finis, arrivés au terme de leur évolution, entrés depuis longtemps dans la phase apozoïque, même si la vie y avait existé jadis?

La seconde forme de l'hypothèse des cosmozoaires est due au médecin allemand HERMANN EBERHARD RICHTER, de Dresde, qui la proposa dès 1865; et un éminent botaniste, FERDINAND COHN, de Breslau, la reformula indépendamment, en 1872. D'après eux, des poussières cosmiques, flottant dans l'espace, auraient pu déposer sur la Terre le premier germe de vie (2).

La lenteur de leur chute préserve du moins ces poussières de l'échauffement pernicieux des météorites. Seulement, une autre objection se présente. On sait que les germes d'organismes inférieurs sont rapidement tués par la lumière, surtout par les rayons très réfrangibles, bleus et violets. Ceux-ci sont en grande partie absorbés par notre atmosphère, qui forme ainsi un écran protecteur, plus ou moins efficace, contre les effets délétères de l'éclairement (3). Mais, dans les hautes régions de l'atmosphère terrestre et durant le long voyage à travers les espaces interplanétaires, les poussières cosmiques sont exposées à l'action de la

(1) Sur l'absence d'eau, voir, par exemple : RENARD, *Recherches sur le mode de structure des météorites chondritiques* (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, Classe des Sciences, 1899, pages 549-551).

(2) HERMANN EBERHARD RICHTER, dans *Schmidt's Jahrbücher der gesammten Medicin*, Leipzig, 1865, tome CXXVI, pages 248-249; et autres passages du même auteur cités par PREYER, *Naturwissenschaftliche Thatsachen und Probleme*, 1880, pages 42 et 306. F. COHN, *Über Bacterien* (dans *Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge* de VIRCHOW et VON HOLTZENDORFF, 1872, page 33).

(3) Voir notamment MARSHALL WARD, *Revue scientifique*, 25 août 1894, page 230, colonne 1.

lumière dans toute sa force, et des germes infimes n'y résisteraient point.

D'ailleurs, remarquons-le bien, l'hypothèse des cosmozoaires ne fait que reculer le problème sans y répondre; et en éliminant la génération spontanée de l'histoire terrestre, on la rend d'autant plus nécessaire ailleurs.

WILHELM PREYER, esprit ingénieux mais si paradoxal, avait essayé de tourner la difficulté d'une tout autre manière (1). Il admettait que la vie a de tout temps existé sur notre globe et que ce qui est récent, c'est non pas l'organique, mais l'inorganique : l'inorganique, dit-il, en jouant presque sur les mots, est de la matière morte, et ce qui est mort ne peut être que le résidu de ce qui a vécu, tandis qu'il n'est pas nécessaire que ce qui vit ait été mort auparavant.

Deux autres penseurs originaux, FECHNER et DELBŒUF (2), ont soutenu des idées analogues, et BUFFON avait déjà écrit : « Le brut n'est que le mort (3). »

Donc, suivant PREYER, point de période azoïque. Quelle espèce d'organismes pouvait bien porter la Terre encore ignée? Rien de comparable, certes, à nos protoplasmes délicats que l'eau bouillante suffit à tuer. Mais PREYER ne s'arrête point pour si peu. Ses êtres primordiaux sont des êtres de feu et de flammes, gigantesques, formés de métal incandescent et de roches en fusion, des pyrozoaires comme on peut

(1) W. PREYER, *Hypothesen über den Ursprung des Lebens* (*Deutsche Rundschau*, avril 1875); et IDEM, *Elemente der allgemeinen Physiologie*, 1883.

(2) G.-TH. FECHNER, *Einige Ideen zur Schöpfungs- und Entwickelungsgeschichte der Organismen*. Leipzig, 1873; DELBŒUF, *Matière brute et matière vivante*, 1887, et IDEM, *Revue philosophique*, 1883.

(3) BUFFON, *Œuvres complètes*, édition Flourens. Paris, Garnier frères, sans date, tome I, page 446.

les nommer (1). Et de même que les calcaires fossiles proviennent d'animaux très anciens, pareils à ceux d'aujourd'hui, les métaux lourds, les granits, les basaltes sont, aux yeux de PREYER, les cadavres de ces léviathans fabuleux...

Nous voici dans un domaine si chimérique qu'on ne sait trop d'abord comment entamer une discussion sérieuse. Réfléchissons cependant que si PREYER est d'accord avec la cosmogonie de KANT et de LAPLACE pour remonter à une période où la Terre était en fusion ignée, il ne peut raisonnablement refuser d'admettre qu'elle ait été gazeuse auparavant. De sorte qu'il serait forcé d'imaginer pour cette période initiale des organismes gazeux : association d'idées tellement contradictoire que les pyrozoaires s'en trouvent réfutés par l'absurde.

III

Ainsi, quoi que nous fassions, il semble impossible de ne point accepter une première genèse d'organismes sans parents — *prolem sine matre creatam*. Il faut nous hâter toutefois d'ajouter qu'aucune des innombrables tentatives pour réaliser expérimentalement la génération spontanée n'a jusqu'ici abouti.

A mesure que les moyens d'étude se sont perfectionnés, la génération spontanée a dû être reléguée dans des régions de plus en plus inférieures du monde organique. Des Abeilles de VIRGILE et des Souris de VAN HELMONT, il ne reste plus rien depuis longtemps.

(1) L. ERRERA, *Sur la loi de la conservation de la vie*. (Voyez plus haut, page 218.)

Les animalcules de NEEDHAM ont eu le même sort : loin de naître spontanément dans les infusions, les Infusoires dérivent toujours d'autres Infusoires de même espèce, et cela avec des cérémonies très compliquées. Le débat ne pouvait donc plus guère porter que sur les Levures, Amibes, Bactéries, sur tout ce monde des microbes et des ferments dont l'importance nous apparaît aujourd'hui en raison précisément inverse de leurs dimensions. Nul ne l'ignore : c'est à PASTEUR qu'appartient la gloire impérissable d'avoir chassé la génération spontanée de ce domaine, comme on l'avait successivement repoussée de tous les autres.

Malgré l'intérêt que présenterait le récit de ces luttes et les enseignements qu'on en pourrait tirer, il ne nous est pas possible d'insister ici sur la discussion de PASTEUR avec BASTIAN, sur sa polémique avec POUCHET soutenu par le parti « avancé » (1), sur la campagne de presse habilement menée contre lui, sur les pamphlets, les meetings et l'intrusion tout à fait déplacée de la politique en matière de science. Tout ce bruit est aujourd'hui apaisé et il ne saurait plus y avoir de doute parmi les hommes compétents. Chaque fois que l'on a cru observer la formation d'organismes dans un milieu stérilisé, une étude plus attentive a prouvé que l'expérience n'était pas conduite avec les précautions voulues : tantôt des germes préexistants n'avaient pas été convenablement détruits, tantôt l'expérimentateur avait, à son insu, introduit après coup des germes dans le milieu.

(1) Sur ces controverses, consulter DUCLAUX, *Pasteur : Histoire d'un esprit*, Paris, 1896, 3e partie. — Voir, d'autre part, l'étonnant exposé dans le *Dictionnaire universel* de Larousse, vº Génération spontanée.

IV

Faut-il conclure de là que la génération spontanée est une chimère? Les insuccès retentissants du passé doivent-ils faire renoncer à toute tentative ultérieure et allons-nous classer définitivement cette question auprès du mouvement perpétuel et de la quadrature du cercle?

PASTEUR lui-même se gardait bien de prononcer un tel arrêt. Parlant de la génération spontanée, il se bornait à dire : « si tant est qu'elle soit en notre pouvoir (1) ».

Ne soyons pas plus pastoriens que PASTEUR.

Mais alors, comment s'expliquer que l'on n'ait abouti jusqu'ici qu'à des échecs?

Doit-on supposer que la génération spontanée, réalisable lorsque les conditions de la vie apparurent d'abord sur le globe, n'est plus possible aujourd'hui? Dans cet ordre d'idées, on pourrait invoquer les expériences faites par MOISSAN au moyen du four électrique, d'après lesquelles notre atmosphère, lors de la période ignée de la Terre, aurait renfermé un mélange complexe d'hydrogène, de carbures d'hydrogène et peut-être des composés cyanogénés, et l'on pourrait rappeler que le grand physiologiste PFLÜGER admet précisément une origine cyanogénée, ignée, des albuminoïdes et de la vie. Rajeunissant le mythe de PROMÉTHÉE, PFLÜGER va jusqu'à s'écrier : « La vie dérive du feu (2). »

(1) PASTEUR, *La dyssimétrie moléculaire.* (Conférences faites à la Société chimique de Paris, 1886, page 34.)

(2) MOISSAN (cité dans WURTZ ET FRIEDEL, *Deuxième supplément au Dictionnaire de Chimie*, tome III, 1897, page 443). — PFLÜGER, *Über die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen* (*Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie*, tome X, 1875, page 339).

Cependant, cette opinion, que ce qui a pu se faire un jour ne puisse plus jamais se reproduire, est toute gratuite et — ajoutons-le — peu vraisemblable. Reconnaissons plutôt que la recherche expérimentale de la génération spontanée est encore prématurée.

Il est bien rare que les découvertes ne se succèdent pas dans leur ordre logique. Or, pour espérer réaliser la synthèse de la moindre parcelle vivante, il faudrait, au préalable, que nous fussions maîtres de la production artificielle, non seulement des hydrates de carbone, mais aussi des corps gras naturels et des matières protéiques, dans le sens le plus large du mot. Nous en sommes encore assez éloignés, bien que les premiers pas soient faits dans cette voie triomphale.

Pour le moment, nous nous trouvons, à l'égard de la génération spontanée, dans la situation de celui qui voudrait bâtir un édifice, alors qu'il ne sait même pas en préparer les matériaux de construction. Suivant une juste remarque de HERBERT SPENCER, les prétendues expériences de génération spontanée tentées jusqu'à présent, au moyen de décoction de foin, de bouillon de poulet, d'extrait de bœuf, sont sans portée réelle, puisqu'elles présupposent l'existence d'êtres vivants et même d'êtres vivants très supérieurs.

En réalité, les formes vivantes les plus simples ont dû dériver des matières organiques les plus complexes (1), et c'est à la synthèse chimique à nous fournir d'abord celles-ci. Il se peut que les chimistes fabriquent quelque jour des substances au sujet desquelles on discutera s'il convient ou non de les appeler vivantes. Le virus curieux de la maladie de la

(1) HERBERT SPENCER, *On alleged « spontaneous generation » and on the hypothesis of physiological units* (Lettre publiée comme appendice au volume I des *Principles of Biology*, 1884).

mosaïque chez le Tabac, découvert récemment par BEIJERINCK et désigné par lui comme un contagium vivant fluide, montre bien que la limite n'est pas toujours facile à tracer (1).

V

On a déjà souvent établi un parallèle entre les êtres vivants et les cristaux. Sans doute, il y a des différences qui sautent aux yeux. Les similitudes n'en sont pas moins réelles et remarquables : les uns et les autres ont une forme définie; ils se développent, ils croissent lorsqu'ils ont à leur disposition des matériaux convenables. Mieux que cela : les cristaux peuvent se cicatriser, reformer les arêtes ou les angles qu'on leur a enlevés, et cette faculté de régénération, réétudiée, il y a quelques années, par RAUBER (2), est d'autant plus digne d'attention qu'on l'a tenue longtemps pour l'apanage de la vie.

Mais ce sont les conditions de la naissance de nouveaux individus cristallins dans les solutions sursaturées ou les liquides en surfusion qui sont le plus instructives pour nous et qu'il importe surtout d'examiner ici.

Comme l'a observé FAHRENHEIT dès 1724, l'eau peut, moyennant certaines précautions, être maintenue à l'état liquide bien au-dessous de zéro : c'est le phéno-

(1) BEIJERINCK, *Über ein Contagium vivum fluidum als Ursache der Fleckenkrankheit der Tabaksblätter* (*Verhandelingen der koninklijke Akademie te Amsterdam*, 2, tome VI, n° 5, 1898).

(2) A. RAUBER, *Die Regeneration der Krystalle*, tomes I et II. Leipzig, 1895-1896 — Les conclusions de ces recherches ont été reproduites par l'auteur dans *Biologisches Centralblatt*, 1896, page 865.

mène de surfusion ou, pour nous servir du néologisme plus précis par lequel on a rendu le terme allemand « Ueberkaltung », le phénomène de surfroidissement (1). Sitôt qu'on ajoute à cette eau « surfroidie » un morceau de glace, le liquide tout entier ne tarde pas à se prendre en une masse cristalline.

La découverte de la sursaturation date aussi du siècle dernier : elle est due à LOWITZ, qui s'en occupa dans un mémoire important, publié en 1785, sur la cristallisation. Il constata (pour le sulfate de soude et pour une foule d'autres sels) que l'on peut refroidir prudemment leur solution saturée et même la concentrer encore par évaporation, sans qu'elle dépose nécessairement une partie du corps dissous : elle renferme alors plus de sel que sa température n'en comporte dans les conditions ordinaires. Elle est dite sursaturée. Il suffit d'y projeter maintenant un cristal de la substance qui est en dissolution, pour que tout l'excès se précipite sur lui à l'état solide, et le liquide demeure simplement saturé.

Bien que ces faits fussent connus depuis longtemps, il est intéressant de noter que c'est seulement à la suite des travaux de PASTEUR, relatifs à la génération spontanée, et sous leur inspiration, que le problème fut repris avec le soin et la méthode désirables. En 1865, VIOLETTE et GERNEZ (ce dernier était assistant de PASTEUR) démontrèrent, indépendamment l'un de l'autre, en se servant de la technique bactériologique, qu'aux températures ordinaires, l'introduction de cristaux de sulfate de soude à dix équivalents d'eau (sel de GLAUBER) — dont il existe presque toujours

(1) Ce terme a été proposé par CRISMER, dans *La formation et le développement des cristaux* (*Revue de l'Université de Bruxelles*, mai 1899, page 567).

des fragments microscopiques dans les poussières de l'air — est réellement la seule cause qui amène la cristallisation des solutions sursaturées de ce même sel. VIOLETTE trouva, en outre, qu'en dessous de —8°, les solutions sursaturées de sulfate de soude cristallisent spontanément, sans addition étrangère. Peu après, LECOQ DE BOISBAUDRAN étudie le fait remarquable (déjà aperçu par GERNEZ) que la cristallisation peut aussi être provoquée au moyen d'un cristal isomorphe avec la substance qui se trouve dans le liquide sursaturé. GERNEZ montre enfin que les diverses faces d'un même cristal peuvent être inégalement solubles, de sorte qu'une solution donnée peut être sursaturée par rapport à telles faces, sans l'être par rapport aux autres : dans ce cas, la croissance du cristal se localisera sur les premières. C'est ce qui a lieu pour les surfaces « blessées » : le cristal y étant moins soluble qu'ailleurs, la croissance s'y fait d'une manière prépondérante. De là, les phénomènes de cicatrisation des cristaux que nous rappelions tout à l'heure (1).

VI

La petitesse des « germes » cristallins qui suffisent à amorcer la cristallisation — à ensemencer, comme on

(1) VIOLETTE, *Comptes rendus*, 1865, tome LX, page 831 ; etc.; GERNEZ, *Comptes rendus*, 1865, tome LX, page 833; *ibidem*, 1875, tome LXXX, page 1007; etc. ; LECOQ DE BOISBAUDRAN, *Annales de chimie et de physique*, 1869 (4), tome XVIII, page 246; etc. — Voir, pour plus de détails, OSTWALD, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*, 2e édition, tome II, 2, pages 379-388 (1897) et pages 704-784 (1899), à qui j'emprunte ces renseignements historiques. Cet auteur indique, comme cause de la cicatrisation des cristaux, leur tendance à reconstituer un polyèdre pour lequel l'énergie superficielle est un minimum relatif (*Op. cit.*, tome I, 1891, page 940).

l'a dit, la solution sursaturée ou le liquide surfroidi — est extrême : elle nous conduit tout à fait à l'ordre de grandeur des germes microbiens. Un travail récent et d'un grand intérêt, d'OSTWALD, fournit à ce sujet des indications plus précises (1).

Ses expériences sur le surfroidissement ont été faites surtout avec le salol : il est aisé de répéter les principales d'entre elles et vous allez les voir se projeter sur le mur blanc, devant vos yeux (2).

Le salol (salicylate de phényle) est un corps cristallin, blanc, qui fond à 39°5. Une fois fondu, il reste indéfiniment liquide, à condition qu'on n'y laisse point tomber de fragment de la substance solide. En cet état, on peut, sans peine, en distribuer des gouttelettes sur des lames de verre et étudier leur façon de se comporter. Le frottement, même prolongé, avec un cheveu, un fil de verre ou de platine, un corps anguleux quelconque, n'amène dans les gouttelettes aucune cristallisation. Il en est tout autrement si ces objets ont été d'abord en contact avec un cristal de salol : ils sont maintenant devenus « actifs » et, dès qu'ils touchent le salol liquéfié, la cristallisation se trouve amorcée et se propage, comme vous le constatez, rapidement dans toute la gouttelette. Ce qui donne à ces objets l' « activité », ce sont d'imperceptibles parcelles cristallines de salol qui y adhèrent : aussi suffit-il de porter le fil de platine ou de verre à une température d'au moins 39°5 pour leur enlever instan-

(1) W. OSTWALD, *Studien über die Bildung und Umwandlung fester Körper.* (*Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1897, tome XXII, pages 289-330); IDEM, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*, 2e édition, tome II, 2, 1897, page 383, et *ibidem*, tome II, 2, 1899, page 754.

(2) Les projections et expériences étaient faites avec l'obligeant concours de M. CLAUTRIAU. — On peut se procurer le salol, le bétol, l'hyposulfite de soude chez la plupart des droguistes ou pharmaciens.

tanément cette propriété. On peut les « stériliser » dans la flamme, tout comme on le fait en bactériologie. Ils perdent aussi leur activité spontanément, après quelque temps, par suite de l'évaporation du salol.

Reste à déterminer la limite de petitesse que les « germes » de salol peuvent atteindre, sans être privés de leur pouvoir d'inoculation. OSTWALD y est parvenu en se servant des procédés de dilution employés en homéopathie. Il triture d'abord une partie de salol avec neuf parties d'un corps indifférent (sucre de lait ou quartz pulvérisé); puis, une partie de ce mélange avec neuf parties du même corps; et ainsi de suite. Le salol forme, par conséquent, $\frac{1}{10}$ du premier mélange, $\frac{1}{100}$ du second, $\frac{1}{1,000}$ du troisième, etc. Si l'on désigne ces dilutions successives, à la façon des homéopathes, par D1, D2, D3,... D*n*, on voit que chaque gramme de mélange contient respectivement $\frac{1}{10}, \frac{1}{10^2}, \frac{1}{10^3}, \ldots \frac{1}{10^n}$ gr. (ce qui s'écrit aussi, comme on sait : 10^{-n} gr.) de salol.

Or, on s'assure qu'un peu du mélange D5, fraîchement et soigneusement préparé, provoque à coup sûr la cristallisation d'une gouttelette surfroidie de salol. Comme on prend pour un tel essai environ 0.1 milligramme — soit 10^{-4} grammes — du mélange, il en résulte que les petits cristaux de salol, encore actifs, ne pèsent sûrement pas plus de $10^{-4} \times 10^{-5} = 10^{-9}$ grammes, soit un millionième de milligramme. Le salol ayant à peu près le poids spécifique de l'eau, cette quantité correspond à un petit cube de 0.01 millimètre de côté, c'est-à-dire 10 μ (en désignant, comme le font les micrographes, le millième de millimètre ou micron par le signe μ). Un tel cube est du même ordre de grandeur que les micro-organismes encore aisément visibles au microscope.

Mais le mélange D5 perd peu à peu son activité, probablement parce que la petite quantité de salol qui y est contenue, étant volatile, abandonne l'état solide et revêt désormais les grains de quartz ou de sucre de lait d'une mince couche gazeuse adhérente. Le salol existe encore dans la masse, comme on peut le prouver indirectement ; il a seulement perdu son pouvoir d'inoculation. Après un jour ou deux, on constate que l'activité a aussi disparu de D4, tandis que D3 l'a conservée et la conservera d'une façon définitive.

L'hyposulfite de soude fondu et surfroidi présente les mêmes phénomènes que le salol. La dernière dilution encore active est ici D9 ; D10 ne l'est plus. D'après cela, OSWALD calcule que les petits germes cristallins d'hyposulfite de soude peuvent descendre jusqu'à 10^{-12} grammes, soit un milliardième de milligramme ; ce qui représente un cube d'hyposulfite ayant moins de 1μ de côté.

Mais l'activité de ces dilutions extrêmes se perd également avec le temps et elle s'arrête, après quelques jours, à D5. Cela tient probablement à la décomposition partielle de l'hyposulfite (oxydation en sulfate, avec dépôt de soufre). Mieux encore que dans le cas du salol, cette modification durable subie par la substance fait songer à ce qui se passe à la longue chez les êtres vivants, et l'on serait presque tenté de parler d'une mort lente de ces germes cristallins.

Les expériences d'OSTWALD, relatives aux solutions, ont porté principalement sur le chlorate de soude. 107 parties de ce sel dissoutes dans 100 parties d'eau

constituent, à la température ordinaire, une solution sursaturée d'un maniement facile. La limite des germes cristallins encore efficaces est ici de 10^{-10} grammes environ, soit un dix-millionième de milligramme. Afin de s'assurer si tel objet — par exemple un fil de platine sur lequel on a laissé s'évaporer une solution très diluée de chlorate — porte de ces germes imperceptibles, et quel en est le nombre approximatif, notre auteur s'est encore inspiré de la bactériologie et a eu recours à un véritable procédé de culture. La solution sursaturée de chlorate est introduite dans un tube à essais ; on la « stérilise » dans l'eau bouillante, on laisse refroidir, et c'est dans ce « bouillon de culture » que l'on déposera l'objet à essayer. Chacun des petits cristaux de chlorate qu'il porte devient un centre de cristallisation et, s'ils ne sont pas trop nombreux, on pourra compter le nombre de colonies cristallines qui se développent de la sorte.

VII

Lorsque l'on voit un corps, tel que le chlorate de soude, rester imperturbablement liquide dans la solution sursaturée dont nous parlions tantôt, et ne prendre la forme solide que si l'on y sème un germe cristallin, — tout comme un liquide organique ne se peuple que si un germe vivant vient à y tomber, — il est naturel qu'on se demande comment est né, pour chaque substance, le premier cristal. Mais ici nous pouvons résoudre la question, cette torturante question qui demeure en suspens pour les organismes, et répondre : par génération spontanée.

Il suffit de concentrer, en l'évaporant, notre solution de 107 °/₀ de chlorate : un moment arrive où, même à l'abri des germes, elle dépose une partie de son sel à l'état cristallin.

Dans une telle solution, la génération spontanée se produit donc lorsqu'un ensemble déterminé de conditions se réalise, tandis qu'elle n'a pas lieu pour une concentration plus faible ou une température plus élevée. De Coppet, qui a étudié à ce point de vue, en 1872, les solutions sursaturées de sel de Glauber, a trouvé que leur cristallisation spontanée survient à une température d'autant plus élevée qu'elles sont plus concentrées : l'écart entre la température pour laquelle la solution est saturée et celle pour laquelle elle cristallise spontanément est approximativement constant et vaut environ 12 degrés. Cependant, la quantité de solution sur laquelle on expérimente joue aussi son rôle : toutes choses égales, le premier cristal se forme plus tôt dans de grandes que dans de petites masses de liquide. Les actions mécaniques ne sont pas non plus sans influence : pour parler avec Ostwald, elles rétrécissent les limites entre lesquelles la solution peut rester sursaturée. Ainsi, le frottement, les chocs même violents ne provoquent pas la cristallisation quand la sursaturation est faible; mais il n'en est plus de même, comme l'a montré Gernez, lorsque la sursaturation est considérable. Pour les corps susceptibles de cristalliser sous deux formes différentes, on peut parfois faire naître à volonté telle ou telle forme, suivant que l'action mécanique est plus ou moins intense : dans les solutions sursaturées de chlorure de calcium, un frottement léger contre la paroi du vase, au moyen d'une baguette métallique, fait apparaître des cristaux à quatre molécules d'eau de cristallisation, tandis qu'un frottement

plus fort amène la formation des cristaux à six molécules d'eau (1).

Tels sont les principaux points établis par DE COPPET et par GERNEZ. Les problèmes que suscitent les liquides surfroidis ou sursaturés sommeillèrent ensuite pendant un certain temps. Leur étude a été reprise avec une nouvelle ardeur depuis quelques années et, après les recherches si suggestives d'OSTWALD, révélant l'étonnante petitesse des germes amorceurs, l'influence de la température dans la « génération spontanée » de ces germes a fait l'objet d'un important travail de TAMMANN, de l'Université de Youriew (Dorpat) (2). Comme vous allez le voir, ses expériences avec le bétol (salicylate de β naphtyle) surfroidi sont particulièrement élégantes et faciles à reproduire.

Le point de fusion de ce corps est plus élevé que celui du salol : il est de 96°. Fondu vers 100° et maintenu dans de petits tubes scellés après la fusion, puis refroidi, il demeure liquide pendant un temps plus ou moins considérable. Mais, tôt ou tard, suivant la température et la masse de liquide employée, on y voit apparaître quelques centres cristallins, d'où la solidification se propage peu à peu dans toute la masse. Pour un même volume de liquide, le nombre de ces centres de cristallisation croît avec le surfroidissement, atteint un maximum et décroît ensuite

(1) DE COPPET, *Bulletin de la Société chimique*, tome XVII, page 146, 1872, et *Annales de chimie et de physique* (5), 6, page 275, 1875; GERNEZ, *Comptes rendus*, 1877, tome LXXXIV, page 1389; OSTWALD, *Op. cit.*, 2e édition, tome II, 2, pages 751 et 769.

(2) G. TAMMANN, *Über die Abhängigkeit der Zahl der Kerne, welche sich in verschiedenen unterkühlten Flüssigkeiten bilden, von der Temperatur* (*Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1898, tome XXV, pages 441-479). — Ce mémoire et celui d'OSTWALD (voir note 1, page 389) ont été très bien résumés et appréciés par CRISMER, dans la *Revue de l'Université de Bruxelles*, respectivement 1899 tome IV, page 561, et 1898, tome III, page 452.

assez vite. Dans le cas du bétol, la température la plus favorable, — celle qu'on appellerait en langage biologique : la température optimum pour la génération spontanée de ses cristaux, — est aux environs de + 10°. Au-dessus ou au-dessous, le phénomène va s'effaçant et, déjà aux températures supérieures à 25° ou inférieures à – 5°, on peut conserver liquide, pendant longtemps, le bétol surfroidi. Pour une même température, le nombre de germes est à peu près proportionnel au temps d'exposition. Un certain volume de liquide, par exemple, qui, exposé deux minutes à 10°, avait donné naissance à sept ou huit germes, en présentait une vingtaine après quatre minutes, une trentaine après six minutes d'exposition. En outre, TAMMANN a constaté que de petites quantités de substances étrangères, soit solubles, soit même insolubles (telles que le cristal de roche ou le verre), suffisent à modifier beaucoup le nombre de germes, tantôt en l'augmentant, tantôt en le diminuant.

Mais les températures les plus favorables à la génération des cristaux ne sont pas les plus propices à leur rapide accroissement : l'optimum pour la croissance est notablement plus élevé que l'optimum pour la génération. Comme les germes cristallins nouvellement formés sont invisibles à l'œil nu, il faudrait donc attendre très longtemps pour qu'il fût possible de les observer et de les compter. Voici des tubes qui ont séjourné depuis plusieurs minutes à 10° environ : ils vous paraissent encore absolument limpides. Portons-les, comme s'il s'agissait d'une culture de microbes, à une température d'incubation convenable, à 70° environ, et vous voyez qu'en quelques instants les germes ont suffisamment grandi pour troubler toute la masse du liquide. Et notez que si nous conservons nos tubes

à 70° sans les avoir au préalable portés à la température basse, favorable à la naissance des germes, aucune cristallisation de bétol ne s'y manifeste même au bout d'une attente assez longue.

Pour le salol surfroidi, on ne connaît pas encore les conditions exactes dans lesquelles la génération spontanée de cristaux devient possible; mais le semis d'un germe cristallin suffit, nous l'avons vu, à y amener la cristallisation, dès qu'on est descendu au-dessous de 39°5.

On peut distinguer ainsi deux domaines pour les solutions sursaturées ou les liquides surfroidis : dans l'un, ils ne forment de cristaux que si l'on amorce au moyen de germes cristallins; dans l'autre, la présence de ces germes n'est pas nécessaire. Ce sont deux façons diverses d'instabilité. Sans examiner ici la question soulevée mais non résolue par OSTWALD, de savoir si les deux états sont ou non distincts d'une manière absolue, on peut, à son exemple, parler dans le premier cas d'équilibre métastable : c'est le domaine de la génération par germes ou filiation; tandis que le second cas représente l'équilibre labile d'OSTWALD : c'est le domaine de la génération sans germes ou génération spontanée (1).

VIII

Imaginons un liquide qui se trouve dans le domaine métastable : aucune cristallisation ne s'y manifeste jusqu'à ce qu'un jour, quelque part dans le monde,

(1) OSTWALD, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*, 2e édition, tome II, 2, 1897, pages 291 et 349; et tome II, 2, 1899, pages 705, 773-777, 783-784.

une circonstance fortuite l'ait amené dans le domaine labile et y ait fait apparaître un premier cristal. Mais, à dater de ce moment, on pourra y transplanter, en tous les lieux du globe, des parcelles issues du cristal primitif et la cristallisation pourra s'obtenir partout.

Tel est le cas d'un liquide familier à chacun de nous : la glycérine.

Mon savant collègue, le professeur SPRING, a bien voulu appeler mon attention sur ce corps. Il n'est généralement connu qu'à l'état liquide et supporte de très grands froids sans se solidifier. Il peut cependant prendre la forme de cristaux rhombiques, mais la plupart des ouvrages de chimie ne disent rien ou presque rien des circonstances curieuses dans lesquelles sa cristallisation s'est produite; j'ai eu quelque peine à réunir même d'assez maigres renseignements à ce sujet (1).

C'était au commencement de 1867. Au cœur de l'hiver, des tonneaux de glycérine concentrée (provenant probablement de la fabrique de MM. Sarg, de Vienne) avaient été envoyés en Angleterre. Lorsqu'on voulut, à leur arrivée, en faire écouler le liquide, on constata avec surprise que la glycérine s'était solidifiée : elle s'était transformée en aiguilles cristallines blanches. Les cristaux furent montrés à la Société chimique de Londres. CROOKES publia le fait dans le *Chemical News* et attribua cette cristallisation, qu'on n'avait jamais observée auparavant, à l'action du froid

(1) En dehors des quelques notices qui vont être citées, des renseignements m'ont été obligeamment fournis par mes collègues : SPRING, professeur de chimie à l'Université de Liége, et HOOGEWERFF, professeur de chimie à l'École polytechnique de Delft; ainsi que par les directeurs de la grande fabrique de glycérine F.-A. SARG'S SOHN ET Cie, à Vienne.

et aux secousses subies pendant le transport en chemin de fer.

L'étonnement grandit quand on sut que ces cristaux, très déliquescents, ne fondent réellement qu'à 17-18°. Ainsi, à 0°, à 10°, à 15° déjà, la glycérine se trouve au-dessous de son point de solidification : elle est surfroidie! On a beau la refroidir pourtant jusqu'à — 20° ou davantage : elle devient de plus en plus visqueuse, presque solide même, mais elle ne cristallise pas. Introduit-on, au contraire, dans le liquide une parcelle de glycérine cristallisée, aussitôt la cristallisation commence. Elle se fait à — 20° avec une extrême lenteur; vers 0°, elle est plus rapide, bien qu'elle exige encore des heures entières pour s'achever dans une petite masse de liquide : une élévation de température augmente ainsi la vitesse d'accroissement des cristaux, comme nous l'avons vu pour le bétol.

Quoi qu'il en soit, une fois qu'un hasard favorable nous a procuré les cristaux, il est relativement facile de les « semer » et de les « cultiver » dans la glycérine liquide, froide. Lors du Congrès des naturalistes hollandais, à Utrecht, en 1891, le professeur Hoogewerff en montra un grand flacon obtenu de la sorte et qui attira tous les regards. Voici un bel échantillon que je dois à son amabilité.

L'industrie s'est même emparée de la méthode et la fabrique Sarg et Cie fait cristalliser la glycérine, pour la purifier, en y ajoutant intentionnellement des cristaux, d'après un procédé breveté dû au professeur Kraut, de Hanovre.

La naissance spontanée de cristaux de glycérine, telle qu'on l'avait constatée en Angleterre, en 1867, est, en somme, un phénomène assez rare. Il s'est produit également dans un envoi fait en Russie, à ce que

MM. Sarg m'ont écrit, et dans une fabrique, en France, à Saint-Denis (1).

Les conditions dans lesquelles cette génération spontanée de cristaux devient possible pour la glycérine ne sont pas encore définies et l'on ne sait au juste comment la forcer à entrer dans le domaine labile. Bien qu'ARMSTRONG paraisse avoir réussi, en 1876, à obtenir une masse cristallisée de 40 livres par l'application simultanée du froid et des secousses sur un chemin de fer, et que VAN HAMEL ROOS ait vu, à la même époque, une masse cristalline de 56 livres (2), ce n'est point encore une expérience que l'on réalise à volonté.

(1) CROOKES, *Chemical News*, avril 1867, page 183, et *Bulletin de la Société chimique*, Paris, 1867, tome VII, page 428. — J.-H. GLADSTONE, *Note on crystallised glycerine* (*Journal of the chemical Society*, série 2, tome V, 1867, page 384). (Contrairement à ce qu'indiquent quelques ouvrages, GLADSTONE dit simplement dans cette note que la glycérine cristallisée, une fois qu'elle est tout à fait fondue, supporte — 18° C. sans se recristalliser ; mais que si la fusion des cristaux n'est pas complète, la recristallisation se fait lentement). — HENNINGER, *Bulletin de la Société chimique*, Paris, tome XXIII, page 434. (C'est HENNINGER qui dit que sa glycérine solide avait été obtenue accidentellement dans une fabrique de Saint-Denis). — FR. NITSCHE, *Notice sur la glycérine* (*Moniteur scientifique de Quesneville*, 1874, page 222). (On trouve ici l'indication que la glycérine qui cristallisa en 1867 provenait de la fabrique Sarg.) — V. VON LANG, *Über Glycerin-Krystalle* (*Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*. Vienne, 1874, tome LXIX, 2e partie, page 814) et *Poggendorf's Annalen*, 1874, tome CLII, page 637.

(2) ARMSTRONG, dans *Berichte der chemischen Gesellschaft*, 1876, page 280. — P.-F. VAN HAMEL ROOS, *Crystallised glycerine* (*Chemical News*, 11 février 1876, page 57, et 24 mars 1876, page 126); IDEM, *Journal of the chemical Society*, 1876, volume 1, page 651. (D'après VAN HAMEL ROOS, *Chemical News*, 1876, page 57, et R. WAGNER, *Nouveau traité de Chimie industrielle*, traduction française, tome II, 1873, page 519, WÖHLER aurait aussi observé, en 1867, des cristaux de glycérine. Mais, malgré mes recherches, je n'ai pu trouver aucune publication de WÖHLER, aux environs de 1867, où il en soit fait mention. Il est vrai que la plupart de nos bibliothèques publiques sont fort pauvres en ouvrages et en revues scientifiques modernes : ainsi, la Bibliothèque royale de Belgique ne possède, d'une façon complète, ni le *Bulletin de la Société chimique* de Paris, ni le *Chemical News*, ni le *Journal of the chemical Society*. Dans ces conditions, toute recherche bibliographique devient extraordinairement longue, fastidieuse et incertaine.)

N'aperçoit-on pas, dès lors, la singulière analogie qu'il y a entre les cristaux de glycérine et une espèce vivante? Comme celle-ci, l'espèce cristalline est apparue à un certain moment; dans un terrain convenable et dans des conditions propices, elle peut se multiplier d'une façon illimitée; et si, dans tous les endroits où il en existe des représentants, la température s'élevait au-dessus de 18°, ce léger échauffement détruirait tous les individus cristallins et, du coup, l'espèce serait éteinte — jusqu'à ce que les conditions de sa génération spontanée se trouvassent de nouveau réunies.

Il est temps de tirer les conclusions de notre étude.

La génération spontanée nous apparaît comme un inéludable postulat. Les insuccès passés ne sauraient nous faire désespérer et admettre que la route soit sans issue. Car, au point de vue de la synthèse chimique, la question de la génération spontanée n'est pas mûre; au point de vue dynamique, nous n'avons probablement pas réussi jusqu'à présent à entrer dans le domaine de l'équilibre labile et nous sommes restés dans celui de la métastabilité où il n'y a point d'espoir d'aboutir.

Si donc la génération spontanée est encore irréalisée dans nos laboratoires, rien ne prouve qu'elle soit à jamais irréalisable.

IMPRIMERIE SCIENTIFIQUE
CHARLES BULENS
BRUXELLES

Q
113
E77
1908
v.4

Errera, Léo Abram
Recueil d'oeuvres

P&A Sci.

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY